

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19)世界知的所有権機関
国際事務局



(43)国際公開日
2003年1月3日 (03.01.2003)

PCT

(10)国際公開番号
WO 03/001614 A1

(51)国際特許分類⁷: H01L 43/08, 43/12, G11B 5/39,
G01R 33/09, H01F 10/16, 10/30, 10/32

府 大阪市 鶴見区安田3丁目19番2号 203 Osaka (JP).
里見 三男 (SATOMI,Mitsuo) [JP/JP]; 〒576-0052 大阪府 交野市 私部6丁目52-4 Osaka (JP). 川島 良男 (KAWASHIMA,Yoshio) [JP/JP]; 〒572-0055 大阪府 寝屋川市 御幸東町3-14-517 Osaka (JP). 平本 雅祥 (HIRAMOTO,Masayoshi) [JP/JP]; 〒630-0243 奈良県 生駒市 僊口町1863-2 Nara (JP).

(21)国際出願番号: PCT/JP02/06344

(74)代理人: 特許業務法人池内・佐藤アンドパートナーズ (IKEUCHI SATO & PARTNER PATENT ATTORNEYS); 〒530-6026 大阪府 大阪市 北区天満橋1丁目8番30号 OAPタワー26階 Osaka (JP).

(22)国際出願日: 2002年6月25日 (25.06.2002)

(81)指定国(国内): CN, KR, SG, US.

(25)国際出願の言語: 日本語

(84)指定国(広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

(26)国際公開の言語: 日本語

添付公開書類:

(30)優先権データ:
特願2001-192217 2001年6月26日 (26.06.2001) JP

- 国際調査報告書
- 請求の範囲の補正の期限前の公開であり、補正書受領の際には再公開される。

(71)出願人(米国を除く全ての指定国について): 松下電器産業株式会社 (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.) [JP/JP]; 〒571-8501 大阪府 門真市 大字門真1006番地 Osaka (JP).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイドスノート」を参照。

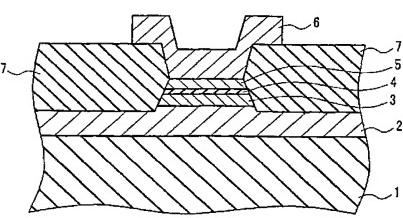
(72)発明者: および

(75)発明者/出願人(米国についてのみ): 松川 望 (MATSUKAWA, Nozomu) [JP/JP]; 〒631-0015 奈良県 奈良市 学園朝日元町1丁目498-2-1-101 Nara (JP). 小田川 明弘 (ODAGAWA, Akihiro) [JP/JP]; 〒631-0032 奈良県 奈良市 あやめ池北3-10-7-404 Nara (JP). 杉田 康成 (SUGITA, Yasunari) [JP/JP]; 〒538-0032 大阪



(54)Title: MAGNETORESISTIVE DEVICE AND ITS PRODUCING METHOD

(54)発明の名称: 磁気抵抗素子とその製造方法



(57)Abstract: A magnetoresistive device produced by a method including a heat-treatment step at above 330 °C, having maximum lengths of 10 nm or less from the center line of a nonmagnetic layer to the interfaces between a pair of ferromagnetic layers and the nonmagnetic layer, and exhibiting magnetoresistance characteristics exceeding those of conventional devices. The device is produced by, for example, forming an underlying film on a substrate, heat-treating the underlying film at 400 °C or more, reducing the surface roughness by irradiating the underlying film with an ion beam, and forming the ferromagnetic and nonmagnetic layers. The maximum length can relatively also decrease if M¹ (at least one kind selected from among Tc, Re, Ru, Os, Rh, Ir, Pd, Pt, Cu, Ag, and Au) is added to the region in the ferromagnetic layer to the depth of 2 nm from the interface with the nonmagnetic layer.

WO 03/001614 A1

Re, Ru, Os, Rh, Ir, Pd, Pt, Cu, Ag, and Au) is added to the region in the ferromagnetic layer to the depth of 2 nm from the interface with the nonmagnetic layer.

[続葉有]



(57) 要約:

本発明は、330℃以上で熱処理する工程を含む方法により製造され、かつ非磁性層の中心線から、一対の強磁性層と前記非磁性層との間の界面までの最長距離が10nm以下であって、従来よりも磁気抵抗特性に優れた磁気抵抗素子を提供する。この素子は、例えば基板上に下地膜し、この下地膜を400℃以上で熱処理し、この下地膜の表面にイオンビームを照射して表面粗さを低減し、その後に、上記強磁性層および上記非磁性層を形成することに得ることができる。非磁性層との界面から2nmの範囲の強磁性層に、M¹ (Tc, Re, Ru, Os, Rh, Ir, Pd, Pt, Cu, AgおよびAuから選ばれる少なくとも1種) を添加しても、上記最長距離は相対的に低下する。

明細書

磁気抵抗素子とその製造方法

技術分野

本発明は、ハードディスクドライブ（HDD）等の磁気記録に用いられる磁気ヘッドや、磁気ランダムアクセスメモリ（MRAM）に用いられる磁気抵抗素子と、その製造方法に関するものである。
5

背景技術

強磁性層／非磁性層／強磁性層を基本構成として含む多層膜に非磁性層を横切るように電流を流すと、磁気抵抗効果が得られる。非磁性層としてトンネル絶縁層を用いるとスピントンネル効果が、非磁性層としてCu等の導電性金属層を用いるとCPP（Current Perpendicular to the Plane）GMR効果がそれぞれ得られる。いずれの磁気抵抗効果（MR効果）も非磁性層を挟む強磁性層の磁化相対角の大きさに依存し、前者は両磁性層間に流れるトンネル電子の遷移確率が磁化相対角に応じて変化することに、後者はスピン依存散乱が変化することに、それぞれ由来すると説明されている。
10
15

磁気抵抗素子をデバイス化する場合、特にMRAM（磁気ランダムアクセスメモリ）等の磁気メモリに用いる場合には、従来のSi半導体とモノリシック化することが、コスト、集積度等の観点から、必要となる。

Si半導体プロセスでは、配線欠陥を取り除くために、高温で熱処理が行われる。この熱処理は、例えば400°C～450°C程度の温度で水素中において行われる。しかし、磁気抵抗素子は、300°C～350°C以上の熱処理を行うと、MR特性が劣化する。
20

半導体素子の形成後に磁気抵抗素子を作り込むことも提案されている。しかし、この提案に従うと、磁気抵抗素子に対して磁界を加えるための配線等を、磁気抵抗素子作製後に形成しなくてはならない。このため、やはり熱処理を行

わないと、配線抵抗にバラツキが生じ、素子の信頼性や安定性が低下する。

発明の開示

本発明の第1の磁気抵抗素子は、基板とこの基板上に形成された多層膜を含み、この多層膜が一対の強磁性層とこの一対の強磁性層の間に挟持された非磁性層とを含み、上記一対の強磁性層における磁化方向がなす相対角度により抵抗値が異なる。この磁気抵抗素子は、基板および多層膜を330°C以上、場合によっては350°C以上、さらには400°C以上、で熱処理する工程を含む方法により製造される。この磁気抵抗素子では、非磁性層を厚さ方向に等分に分割するように定めた中心線から、一対の強磁性層と非磁性層との間の界面までの最長距離R1が20nm以下、好ましくは10nm以下である。

ただし、最長距離R1は、長さを50nmとする10本の中心線ごとについて定めた上記界面までの最長距離から、最大値および最小値を除いて8個の最長距離を定め、さらに上記8個の最長距離の平均値をとって定める。

本発明は、上記第1の磁気抵抗素子の製造に適した方法も提供する。この製造方法は、

基板上に、上記強磁性層および上記非磁性層を除く上記多層膜の一部を下地膜として形成する工程と、

上記下地膜を400°C以上で熱処理する工程と、

上記下地膜の表面にイオンビームを照射してこの表面を平坦化する工程と、

上記表面上に、上記強磁性層および上記非磁性層を含む上記多層膜の残部を形成する工程と、

上記基板および上記多層膜を330°C以上、場合によっては350°C以上、さらには400°C以上、で熱処理する工程と、を含む。

本発明による第2の磁気抵抗効果素子は、基板とこの基板上に形成された多層膜を含み、この多層膜が一対の強磁性層とこの一対の強磁性層の間に挟持された非磁性層とを含み、上記一対の強磁性層における磁化方向がなす相対角度

により抵抗値が異なる。この磁気抵抗素子は、基板および多層膜を330°C以上、場合によっては350°C以上、さらには400°C以上、で熱処理する工程を含む方法により製造される。また、この磁気抵抗素子では、一対の強磁性層と非磁性層との界面の少なくとも一方から2nmの範囲における当該強磁性層の組成が、式(FexCoyNiz) pM¹ qM² rM³ s Atにより表示される。

ただし、M¹は、Tc、Re、Ru、Os、Rh、Ir、Pd、Pt、Cu、AgおよびAuから選ばれる少なくとも1種の元素であり、M²は、MnおよびCrから選ばれる少なくとも1種の元素であり、M³は、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Mo、W、Al、Si、Ga、Ge、InおよびSnから選ばれる少なくとも1種の元素であり、Aは、B、C、N、O、PおよびSから選ばれる少なくとも1種の元素であり、x、y、z、p、q、r、sおよびtは、それぞれ、0≤x≤100、0≤y≤100、0≤z≤100、x+y+z=100、40≤p≤99.7、0.3≤q≤60、0≤r≤20、0≤s≤30、0≤t≤20、p+q+r+s+t=100を満たす数値である。

図面の簡単な説明

図1A～図1Cは、最長距離R1を説明するための断面図である。
 図2は、本発明の磁気抵抗素子の一形態の平面図である。
 図3は、本発明の磁気抵抗素子の一形態の断面図である。
 20 図4は、本発明の磁気抵抗素子の基本構成の一例を示す断面図である。
 図5は、本発明の磁気抵抗素子の基本構成の別の一例を示す断面図である。
 図6は、本発明の磁気抵抗素子の基本構成のまた別の一例を示す断面図である。
 25 図7は、本発明の磁気抵抗素子の基本構成のさらに別の一例を示す断面図である。
 図8は、本発明の磁気抵抗素子の基本構成のまたさらに別の一例を示す断面

図である。

図 9 は、本発明の磁気抵抗素子の基本構成のまた別の一例を示す断面図である。

図 10 は、本発明の磁気抵抗素子の基本構成のさらに別の一例を示す断面図 5 である。

図 11 は、本発明の磁気抵抗素子の基本構成のまたさらに別の一例を示す断面図である。

図 12 A～図 12 D は、それぞれ、実施例で作製した磁気抵抗素子の一部の断面図である。

10 発明の実施の形態

実験により確認されたところによると、高温での熱処理に伴って非磁性層の界面の平坦性は低下し、この平坦性と素子のMR特性とには相関関係が存在する。そこで、非磁性層の下地となる膜の処理および／または上記界面近傍における組成の調整により、熱処理後における非磁性層の界面を平坦化したところ、15 素子のMR特性も向上した。

非磁性層の界面の「荒れ」のうち、MR特性への影響が大きいのは、周期が比較的短い「荒れ」である。図 1 A に示したように、強磁性層 13, 15 と非磁性層 14との界面 21, 22 には、大きな曲率半径 R により表示できる「うねり」が存在することがある。しかし、このようにピッチの長い「うねり」は 20 MR 特性にそれほど影響しない。素子のMR特性との関係をより明確に把握するためには、長さ 50 nm 程度の範囲での界面の状態を評価することが望ましい。

図 1 B に示したように、本明細書では、MR 特性との関係を把握するために、非磁性層 14 を厚さ方向に等分に分割するように定めた中心線 10 を基準線として用いることとした。この方法によれば、2つの界面 21, 22 の状態を同時に評価することができる。中心線 10 は、詳しくは、最小自乗法に基づいて

定めることができる。この方法では、図 1 C に拡大して示したように、中心線 10 上の点 P_i と、この点を通るように定めた中心線 10 に対する垂線 20 と界面 21 との交点 Q_i との距離 $P_i Q_i$ 、点 P_i と同様にして定めた界面 22 との交点 R_i との距離 $P_i R_i$ を考慮する。そして、これらの距離の 2 乗の和が等しくなる条件 ($\int (P_i Q_i)^2 dx = \int (P_i R_i)^2 dx$) の下で、
5 $\int (P_i Q_i)^2 dx$ が最小になるように中心線 10 が定められる。

こうして中心線 10 を定めると、これに応じて、中心線 10 と界面 21, 22 との間の最長距離 L が求まる。本明細書では、測定誤差をできるだけ排除するため、任意に定めた 10 本の中心線についてそれぞれ 10 個の最長距離 L
10 を定め、最大および最小の値 (L_{max}, L_{min}) を除く 8 個の最長距離 L について、平均値を算出し、この平均値を評価の尺度 R_1 とした。

上記測定は、透過型電子顕微鏡 (TEM) による断面像に基づいて行うとい
い。簡易的な評価は、非磁性層まで成膜を中止したモデル膜を減圧雰囲気中
でその場 (in-situ) 热処理し、そのままの状態を保ちつつ原子間力顕微鏡 (A
15 FM) により表面形状を観察することにより行うこともできる。

なお、検討した範囲では、上記 R_1 による評価が、MR 特性と非磁性層の平
坦性との関係を把握するには最も適切である。ただし、界面の最小曲率半径に基
づく評価により、さらに良好に上記関係を説明できる可能性はある。現時点
では、TEM 観察のためのサンプル厚みの制御に限界があるため、厚みが十分
20 薄い部分を除いては界面が厚み方向に重なりがちとなる。このため、特に最小
曲率半径が小さいサンプルでは、最小曲率半径を明確に特定できない。しかし、
TEM 観察のためのサンプルを作製する技術の進歩によっては、例えば 50 ~
100 nm の範囲で最小曲率半径を 10 カ所決定し、上記と同様、その最大お
よび最小の値を除いた 8 個の値の平均値が、より適切な評価基準を提供する可
能性はある。
25

非磁性層の平坦性には、非磁性層とこれを挟持する強磁性層との積層構造

(強磁性層／非磁性層／強磁性層) を成膜する表面を提供する下地膜の状態が影響する。多層膜に一对の強磁性層を挟持する下部電極および上部電極が含まれる場合、下地膜は下部電極を含むことになる。下部電極は、例えば $100\text{ nm} \sim 2\mu\text{m}$ 程度と比較的厚く形成されることが多いため、この電極が少なくとも一部を構成する下地膜は、厚く形成することになる。厚膜化された下地膜の表面の平坦性や層内の歪みは、その上に形成される非磁性層の平坦性に影響を及ぼしやすい。

なお、下部電極は、単層膜に限らず、複数の導電膜からなる多層膜であってもよい。

下地膜には 400°C 以上、好ましくは 500°C 以下の温度で熱処理を施すことが好ましい。この熱処理により、下地膜の歪みを低減できる。熱処理は、特に制限されないが、減圧雰囲気中またはAr等の不活性ガス雰囲気中において行うとよい。

下地膜の表面に、低角度でイオンミリングやガスクラスターイオンビームを照射すると、この表面の粗さを抑制できる。イオンビームの照射は、イオンビームが下地膜の表面への入射角を $5^{\circ} \sim 25^{\circ}$ として行うとよい。ここで、入射角は表面に垂直な方位を 90° 、表面に平行な方位を 0° として定める。

熱処理による結晶粒の成長等を考慮すると、イオンビームの照射による平坦化処理は、熱処理の後に行うとよい。イオンビームを処理する表面は、その上に直接、強磁性層を形成する面であることが好ましいが、他の層を介して強磁性層を支持する面であってもよい。

単結晶基板を用いると、R1が低い素子が得られやすい。ただし、単結晶基板を使用しなくても、下部電極へのイオンビームの照射等により、R1が小さい素子が得られることがある。

非磁性層の平坦性には、非磁性層の界面近傍における強磁性層の組成も影響する。

具体的には、一対の強磁性層と非磁性層との界面の少なくとも一方から 2 nm の範囲、好ましくは 4 nm の範囲における当該界面に接する強磁性層の組成を、下記式により表示される範囲とすると、R 1 が低い磁気抵抗素子が得られやすい。

$$5 \quad (F e \times C o \ y N i \ z) \ p M^1 q M^2 r M^3 s A t$$

ただし、M¹は、Tc、Re、Ru、Os、Rh、Ir、Pd、Pt、Cu、Ag および Au から選ばれる少なくとも 1 種の元素、好ましくは Ir、Pd、Pt であり、M²は、Mn および Cr から選ばれる少なくとも 1 種の元素であり、M³は、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Mo、W、Al、Si、Ga、Ge、In および Sn から選ばれる少なくとも 1 種の元素であり、A は、B、C、N、O、P および S から選ばれる少なくとも 1 種の元素である。

また、x、y、z、p、q、r、s および t は、それぞれ、 $0 \leq x \leq 100$ 、 $0 \leq y \leq 100$ 、 $0 \leq z \leq 100$ 、 $x + y + z = 100$ 、 $40 \leq p \leq 99.7$ 、 $0.3 \leq q \leq 60$ 、 $0 \leq r \leq 20$ 、 $0 \leq s \leq 30$ 、 $0 \leq t \leq 20$ 、 $p + q + r + s + t = 100$ を満たす数値である。

上記式では、 $p + q + r = 100$ ($s = 0$, $t = 0$) が成立してもよく、 $p + q = 100$ (さらに $r = 0$) が成立してもよい。

元素M¹が、非磁性層との界面近傍に含まれると、小さいR 1 が実現しやすくなる。元素M¹の添加により、330°C以上の熱処理後におけるMR特性は、熱処理前と比較して、むしろ向上することがあった。現時点では、元素M¹の作用は十分に明らかではない。しかし、これら元素は酸素等に対して触媒効果を有するため、元素M¹により非磁性層を構成する非磁性化合物の結合状態が強化され、その結果、バリア特性等が改善した可能性はある。

元素M¹の含有量が 60 at %を超えると ($q > 60$)、強磁性層における強磁性体としての機能が低下するため、MR特性は劣化する。元素M¹の好ましい含有量は、3~30 at % ($3 \leq q \leq 30$) である。

- 元素M²は、酸化されやすく、かつ酸化されると磁性を有する酸化物となる。
- 元素M²は、反強磁性層に使用されることがある。そして、熱処理により非磁性層との界面近傍にまで拡散すると、界面近傍で酸化物を形成し、特性を劣化させる可能性がある。しかし、元素M²は、20 at%以下であれば（r ≤ 2
5 0）、元素M¹とともに存在する限りにおいて、MR特性の著しい劣化をもたらさない。特に、元素M²の含有量が元素M¹の含有量よりも少ない場合には（q > r）、MR特性は、劣化せず、むしろ向上する場合があった。元素M¹とともに添加された場合には（q > 0, r > 0）、熱処理後におけるMR特性の向上に元素M²が寄与している可能性はある。
- 10 磁気抵抗素子をデバイスに用いる場合には、MR特性以外にも、軟磁気特性、高周波特性等の磁気特性も重要となる。この場合には、適宜、元素M³、元素Aを上記範囲内で添加するとよい。
- F e、C oおよびN iは、含有量の合計が40～99.7 at%であれば、その比率に制限はない。ただし、これら3元素がすべて存在する場合は、0 <
15 x < 100、0 < y < 100、0 < z ≤ 90（特に0 < z ≤ 65）が好適である。F eとC oとの2成分系の場合は（z = 0）、5 ≤ x < 100、0 < y ≤ 95が好適である。F eとN iとの2成分系の場合は（y = 0）、5 ≤ x < 100、0 < z ≤ 95が好適である。
- 組成の分析は、例えばTEMによる局所組成分析により行えばよい。非磁性
20 層の下方の強磁性層については、非磁性層まで成膜を停止したモデル膜を用いて分析してもよい。この場合は、モデル膜に対して所定温度で熱処理を行った後、適宜、非磁性層をミリングにより除去し、オージェ光電子分光、XPS組成分析等の表面分析法により組成を測定すればよい。
- 図2および図3に磁気抵抗素子の基本構造を示す。この素子では、基板1上
25 に、下部電極2、第1強磁性層3、非磁性層4、第2強磁性層5および上部電極6がこの順に積層されている。強磁性層／非磁性層／強磁性層の積層体を挟

持する一対の電極 2、6 の間は、層間絶縁膜 7 により絶縁されている。

磁気抵抗素子の膜構成は、これに限らず、図 4～図 11 に示したように、他の層をさらに加えててもよい。なお、これらの図では、図示が省略されているが、必要に応じ、下部電極が積層体の図示下方に、上部電極が積層体の図示上方に 5 配置される。これらの図に示されていない層（例えば下地層や保護層）をさらに付加しても構わない。

図 4 では、反強磁性層 8 が強磁性層 3 に接するように形成されている。この素子では、反強磁性層 8 との交換バイアス磁界により、強磁性層 3 は一方向異方性を示し、その反転磁界が大きくなる。反強磁性層 8 を付加することにより、10 この素子は、強磁性層 3 が固定磁性層として、他方の強磁性層 5 が自由磁性層として機能するスピニバルブ型の素子となる。

図 5 に示したように、自由磁性層 5 として、一対の強磁性膜 51、53 が非磁性金属膜 52 を挟持する積層フェリを用いてもよい。

図 6 に示したように、デュアルスピニバルブ型の素子としてもよい。この素子では、自由磁性層 5 を挟むように 2 つの固定磁性層 3、33 が配置されており、自由磁性層 5 と固定磁性層 3、33 との間に非磁性層 4、34 が介在している。

図 7 に示したように、デュアルスピニバルブ型の素子においても、固定磁性層 3、33 を積層フェリ 51、52、53；71、72、73 としてもよい。20 この素子では、固定磁性層 3、33 に接するように、それぞれ反強磁性層 8、38 が配置されている。

図 8 に示したように、図 4 に示した素子において、固定磁性層 3 として、一対の強磁性膜 51、53 が非磁性金属膜 52 を挟持する積層フェリを用いてもよい。

25 図 9 に示したように、反強磁性層を用いない保磁力差型の素子としてもよい。ここでは、積層フェリ 51、52、53 が固定磁性層 3 として用いられている。

図10に示したように、図8に示した素子において、さらに自由磁性層5を積層フェリ71, 72, 73により構成してもよい。

図11に示したように、反強磁性層8の両側に、それぞれ、固定磁性層3(33)、非磁性層4(34)、自由磁性層5(35)を配置してもよい。こ
5 こでは、固定磁性層3(23)として、積層フェリ51(71), 52(7
2), 53(73)を用いた例が示されている。

基板1としては、表面が絶縁された板状体、例えば、熱酸化処理されたSi
基板、石英基板、サファイア基板等を用いることができる。基板の表面は、平
滑であるほうがよいので、必要に応じ、ケモメカニカルポリッシング(CM
10 P)等の平滑化処理を行ってもよい。基板の表面には、予め、MOSトランジ
スター等のスイッチング素子を作製しておいてもよい。この場合は、スイッチ
ング素子上に絶縁層を形成し、この絶縁層にコンタクトホールを形成して、上
部に作製する磁気抵抗素子との電気的接続を確保するとよい。

反強磁性層8には、Mn含有反強磁性体やCr含有反強磁性体を用いればよ
い。Mn含有反強磁性体としては、例えばPtMn, PdPtMn, FeMn,
15 IrMn, NiMnが挙げられる。これらの反強磁性体からは、熱処理により、
元素M²が拡散する可能性がある。従って、非磁性層の界面近傍における元素
M²の好ましい含有量(20at%以下)を考慮すると、非磁性層と反強磁性
層との距離(図4におけるd)は、3nm以上50nm以下が適当である。

20 多層膜を構成するその他の層にも、従来から知られている各種材料を特に制
限なく使用できる。

例えば、非磁性層2には、素子の種類に応じて、導電性ないし絶縁性の材料
を用いればよい。CPP-GMR素子に用いる導電性非磁性層には、例えば、
Cu、Au、Ag、Ru、Crおよびこれらの合金を用いることができる。C
25 PP-GMR素子における非磁性層の好ましい膜厚は、1~10nmである。
TMR素子に用いるトンネル絶縁層に用いる材料にも特に制限はなく、各種絶

縁体または半導体を使用できるが、A 1 の酸化物、窒化物または酸窒化物が適している。TMR 素子における非磁性層の好ましい膜厚は、0. 8 ~ 3 nm である。

積層フェリを構成する非磁性膜の材料としては、Cr、Cu、Ag、Au、
5 Ru、Ir、Re、Os ならびにこれらの合金および酸化物が挙げられる。この非磁性膜の好ましい膜厚は、材料により異なるが、0. 2 ~ 1. 2 nm である。

多層膜を構成する各層の成膜法にも特に制限はなく、スパッタ法、MBE
(Molecular Beam Epitaxy) 法、CVD (Chemical Vapor Deposition) 法、
10 パルスレーザーデポジション法、イオンビームスパッタ法等の薄膜作製法を適用すればよい。微細加工法としては、公知の微細加工法、例えば、コンタクトマスクやステッパーを用いたフォトリソグラフィ法、EBリソグラフィ法、FIB (Focused Ion Beam) 加工法等を用いればよい。

エッチング法としても、イオンミリングやRIE (Reactive Ion Etching)
15 等公知の方法を用いればよい。

従来の磁気抵抗素子においても、300 °C程度までの熱処理であれば、熱処理の後にMR特性が向上することはあった。しかし、300 ~ 350 °C以上の熱処理の後にはMR特性は劣化していた。本発明の磁気抵抗素子は、従来の素子に対し、330 °C以上の熱処理後に優位な特性を示しうるが、350 °C以上、
20 400 °C以上と熱処理温度が高くなるにつれ、処理後の特性の相違は歴然たるものとなる。

Si 半導体プロセスを組み合わせることを考慮すると、熱処理温度としては 400 °C付近を考慮する必要がある。本発明を適用すれば、400 °Cの熱処理に対しても、実用的な特性を示す素子を提供できる。

25 上記のとおり、本発明によれば、330 °C以上、さらには350 °C以上の熱処理により、MR特性を、当該熱処理前よりも相対的に向上させた磁気抵抗素

子を提供できる。

- 熱処理によるMR特性向上の原因は十分に解明されていないが、熱処理によって、非磁性層のバリアとしての特性が改善した可能性はある。一般に、バリア中の欠陥が減少すればMR特性は良好になりうるし、バリア高さが高ければ
5 MR特性は良好になりうるからである。熱処理によるMR特性の向上は、非磁性層と強磁性層との界面における化学結合状態の変化によりもたらされた可能性もある。いずれにしても、MR特性向上の効果が300°Cを上回る高温の熱処理によっても得られたことは、磁気抵抗素子のデバイスへの応用を考慮すると、極めて重要である。
- 10 界面近傍における強磁性層の組成は、熱処理する温度において、单一の相を形成する組成が適している。

界面における組成と同じ組成を有する合金を、通常の鋳造法で鋳込み、さらに不活性ガス中において350°C～450°Cで24時間熱処理した。この合金をほぼ半分に切断し、断面を研磨し、さらに表面をエッティングした。この表面の粒状態を、金属顕微鏡および電子顕微鏡で観察した。また、上記の組成分析法やEDXにより組成分布を評価した。その結果、適用した熱処理温度で不均一な相を示す組成を用いると、長時間の熱処理により、MR特性が劣化する確率が高いことが確認できた。

バルクと薄膜とでは、界面の効果等により、相の安定状態は異なるが、強磁性層の界面近傍の組成、具体的には上記式により示される組成は、330°C以上である所定の熱処理温度において、单一の相を形成するものであることが好ましい。

実施例

(実施例1-1)

25 単結晶MgO(100)基板上に、下部電極として、膜厚100nmのPt膜をMBEにより蒸着し、そのまま真空中において400°C3時間で熱処理し

た。次いで、基板に対する入射角が 10～15°となるように、イオンガンを用いて Ar イオンを照射し、表面クリーニングおよび平坦化処理を行った。

次いで、 Pt 膜上に、膜厚 8 nm の NiFe 膜を RF マグネットロンスパッタ法により成膜した。さらに、 DC マグネットロンスパッタ法で成膜した Al 膜を、

5 真空チャンバー内に純酸素を導入することにより酸化して、 Al_xO_y バリアを作製した。引き続き、膜厚 10 nm の Fe₅₀Co₅₀ 膜を RF マグネットロンスパッタ法により成膜した。こうして、下部電極上に、強磁性層／非磁性層／強磁性層 (NiFe(8)/AlO_x(1.2) /Fe₅₀Co₅₀(10)) からなる積層体を形成した。ここで、カッコ内の数値は、単位を nm とする膜厚である（以下、同様）。

10 さらに、フォトリソグラフィ法によるパターニングとイオンミリングエッチングにより、図 1 および図 2 に示したと同様の構造を有する複数の磁気抵抗素子を作製した。なお、上部電極には Cu 膜を DC マグネットロンスパッタ法により、層間絶縁膜には SiO₂ 膜をイオンビームスパッタ法により、それぞれ成膜した。

15 これら磁気抵抗素子について、磁界を印加しながら直流四端子法により抵抗を測定することにより MR 変化率を測定した。MR 変化率は、 260°C 1 時間熱処理後、 300°C 1 時間熱処理後、 350°C 1 時間熱処理後、 400°C 1 時間熱処理後にも測定した。また、 MR 変化率の測定の後、各素子について R 1 を測定した。結果を表 1 A に示す。

20

表 1 A

熱処理 なし	R1	R1≤3	3<R1≤10	10<R1≤20	20<R1
	MR (%) (平均／最大)	12／13.5	11.9／13.2	10.5／12.8	8.2／—
	該当サンプル数	80	12	6	1
260°C	R1	R1≤3	3<R1≤10	10<R1≤20	20<R1
	MR (%) (平均／最大)	14.1／15.2	13.8／14.8	12.5／13.2	8.5／9.2
	該当サンプル数	82	12	3	3
300°C	R1	R1≤3	3<R1≤10	10<R1≤20	20<R1
	MR (%) (平均／最大)	15.8／16.0	15.5／15.9	14.5／14.9	2.1／9.2
	該当サンプル数	62	15	9	12
350°C	R1	R1≤3	3<R1≤10	10<R1≤20	20<R1
	MR (%) (平均／最大)	16.2／16.4	15.7／16.0	14.5／14.9	1.9／5.2
	該当サンプル数	17	14	26	33
400°C	R1	R1≤3	3<R1≤10	10<R1≤20	20<R1
	MR (%) (平均／最大)	16.4／16.6	15.9／16.1	14.5／14.9	1.8／2.3
	該当サンプル数	3	6	15	51

サンプル数の合計は、熱処理温度によって相違する。

(実施例 1－2)

- 5 N i F e 膜に代えて、膜厚 6 nm の N i F e 膜と膜厚 2 nm の F e₈₀P t₂₀ 膜との積層体を用いた以外は、実施例 1－1 と同様にして、複数の磁気抵抗素子を作製した。これらの素子は、NiFe(6)／Fe₈₀Pt₂₀(2)／AlOx (1.2) ／ Fe₅₀Co₅₀(10)により表示できる積層体を含んでいる。これらの磁気抵抗素子について、上記と同様にして MR 変化率および R 1 を測定した。結果を表 1 B に示す。

表 1 B

熱処理 なし	R1	R1≤3	3<R1≤10	10<R1≤20	20<R1
	MR (%) (平均／最大)	21.1／25.1	20.2／22.7	15.2／-	-／-
	該当サンプル数	87	12	1	0
260°C	R1	R1≤3	3<R1≤10	10<R1≤20	20<R1
	MR (%) (平均／最大)	23.4／26.3	21.9／24.6	14.9／15.3	-／-
	該当サンプル数	87	10	3	0
300°C	R1	R1≤3	3<R1≤10	10<R1≤20	20<R1
	MR (%) (平均／最大)	24.6／26.5	23.2／25.2	14.5／15.1	6.8／-
	該当サンプル数	87	8	2	1
350°C	R1	R1≤3	3<R1≤10	10<R1≤20	20<R1
	MR (%) (平均／最大)	25.9／26.4	24.8／25.3	14.7／14.9	5.9／-
	該当サンプル数	85	5	2	1
400°C	R1	R1≤3	3<R1≤10	10<R1≤20	20<R1
	MR (%) (平均／最大)	26.6／26.9	25.1／25.2	14.1／14.6	6.2／6.6
	該当サンプル数	80	4	3	2

サンプル数の合計は、熱処理温度によって相違する。

5 (比較例)

比較のために、電極の熱処理とイオンガンを用いた処理を行わなかった以外は、実施例 1-1 と同様にして、複数の磁気抵抗素子を作製した。これらの磁気抵抗素子について、上記と同様にして MR 変化率および R1 を測定した。結果を表 1 C に示す。

表 1 C

	R1	R1≤3	3<R1≤10	10<R1≤20	20<R1
熱処理 なし	MR (%) (平均／最大)	-/-	11.8／12.5	10.4／12.6	8.1／9.1
	該当サンプル数	0	3	35	62
	R1	R1≤3	3<R1≤10	10<R1≤20	20<R1
260°C	MR (%) (平均／最大)	-/-	13.8／14.1	12.2／13.2	8.3／9.0
	該当サンプル数	0	2	25	73
	R1	R1≤3	3<R1≤10	10<R1≤20	20<R1
300°C	MR (%) (平均／最大)	-/-	-/-	14.1／14.7	1.9／7.3
	該当サンプル数	0	0	5	91
	R1	R1≤3	3<R1≤10	10<R1≤20	20<R1
350°C	MR (%) (平均／最大)	-/-	-/-	-/-	1.7／4.8
	該当サンプル数	0	0	0	89
	R1	R1≤3	3<R1≤10	10<R1≤20	20<R1
400°C	MR (%) (平均／最大)	-/-	-/-	-/-	1.2／1.9
	該当サンプル数	0	0	0	75

サンプル数の合計は、熱処理温度によって相違する。

下部電極の表面処理を行わない従来の方法では（表 1 C）、300°Cを超える熱処理の後には、R1はすべて20 nmを超えた。

非磁性層近傍の磁性層にPtを加えると（表 1 B）、Ptを加えない場合（表 1 A）と比較して、熱処理によるR1の増加が抑制されることが確認できる。また、Ptを加えることにより、R1が同じ範囲であってもMR変化率は向上した。

10

（実施例 1－3）

基板としてSi熱酸化処理基板を、下部電極として膜厚100 nmのCu膜と膜厚5 nmのTa膜を、強磁性層／非磁性層／強磁性層の積層体としてNiFe(8)／Co₇₅Fe₂₅(2)／BN(2.0)／Fe₅₀Co₅₀(5)を用いた以外は、実施例 1－1

と同様にして複数の磁気抵抗素子を作製した。なお、Cu膜およびTa膜はRFマグネットロンスパッタリング法により、NiFe膜およびCo₇₅Fe₂₅膜はそれぞれDCおよびRFマグネットロンスパッタリング法により、BN膜は反応性蒸着法により、Fe₅₀Co₅₀膜はRFマグネットロンスパッタリング法により、それぞれ成膜した。

これらの磁気抵抗素子について、上記と同様にしてMR変化率およびR1を測定した。結果を表2に示す。

表2

	R1	R1≤3	3<R1≤10	10<R1≤20	20<R1
熱処理 なし	MR (%) (平均/最大)	18.1/20.0	17.9/19.5	15.5/17.8	10.2/13.2
	該当サンプル数	67	22	7	4
	R1	R1≤3	3<R1≤10	10<R1≤20	20<R1
260°C	MR (%) (平均/最大)	18.2/20.1	18.0/19.7	16.5/17.9	12.1/13.5
	該当サンプル数	69	21	5	5
	R1	R1≤3	3<R1≤10	10<R1≤20	20<R1
300°C	MR (%) (平均/最大)	19.5/20.3	19.1/19.9	17.5/18.8	11.8/13.5
	該当サンプル数	36	36	9	15
	R1	R1≤3	3<R1≤10	10<R1≤20	20<R1
350°C	MR (%) (平均/最大)	19.7/20.5	19.2/20.2	17.5/18.8	5.8/11.8
	該当サンプル数	15	16	21	36
	R1	R1≤3	3<R1≤10	10<R1≤20	20<R1
400°C	MR (%) (平均/最大)	19.9/20.6	19.2/20.0	16.8/18.5	2.8/5.6
	該当サンプル数	1	8	13	52

10 サンプル数の合計は、熱処理温度によって相違する。

(実施例1-4)

基板としてSi熱酸化処理基板を、下部電極として膜厚200nmのCu膜と膜厚3nmのTiN膜を、強磁性層/非磁性層/強磁性層の積層体として、

NiFe(8)／Co₇₅Fe₂₅(2)／AlOx(2.0)／Fe₅₀Co₅₀(5)を用いた以外は、実施例1－1と同様にして複数の磁気抵抗素子を作製した。なお、AlO_x膜はプラズマ酸化により形成した。

これらの磁気抵抗素子について、上記と同様にしてMR変化率およびR₁を
5 測定した。結果を表3に示す。

表3

熱処理 なし	R1	R1≤3	3<R1≤10	10<R1≤20	20<R1
	MR (%) (平均/最大)	22.1/24.2	21.5/24.1	20.1/22.8	15.5/17.9
	該当サンプル数	66	23	6	5
260°C	R1	R1≤3	3<R1≤10	10<R1≤20	20<R1
	MR (%) (平均/最大)	23.1/24.5	22.8/24.3	21.8/23.0	16.0/17.2
	該当サンプル数	67	20	6	7
300°C	R1	R1≤3	3<R1≤10	10<R1≤20	20<R1
	MR (%) (平均/最大)	24.1/24.7	23.5/24.3	22.0/22.8	12.5/15.1
	該当サンプル数	31	34	11	18
350°C	R1	R1≤3	3<R1≤10	10<R1≤20	20<R1
	MR (%) (平均/最大)	24.3/24.7	23.8/24.1	21.8/22.2	3.2/8.1
	該当サンプル数	3	7	14	58
400°C	R1	R1≤3	3<R1≤10	10<R1≤20	20<R1
	MR (%) (平均/最大)	-/-	23.8/23.9	21.6/21.6	2.6/3.6
	該当サンプル数	0	2	3	61

サンプル数の合計は、熱処理温度によって相違する。

10 さらに、強磁性層として、Co₇₀Fe₃₀、Co₉₀Fe₁₀、Ni₆₀Fe₄₀、センドスト、Fe₅₀Co₂₅Ni₂₅、Co₇₀Fe₅Si₁₅B₁₀等をそのままあるいは多層化して用いても、非磁性層として、反応性蒸着によるAl₂O₃、AlN；プラズマ反応によるAlN；自然酸化または窒化によるTaO、TaN、AlN等を用いても、基本的には同様の結果が得られた。

また、図4～図11に示したような構造の磁気抵抗素子においても、基本的には同様の結果が得られた。なお、非磁性層による接合（トンネルジャンクション）が複数存在する素子では、最大のR1をその素子のR1とした。これらの素子において、反強磁性層としては、CrMnPt（膜厚20～30nm）、
5 Tb₂₅C₇₅（10～20nm）、PtMn（20～30nm）、IrMn（10～30nm）、PdPtMn（15～30nm）等を、非磁性金属膜としてはRu（膜厚0.7～0.9nm）、Ir（0.3～0.5nm）、Rh（0.4～0.9nm）等をそれぞれ用いた。

10 (実施例2)

実施例1から、非磁性層近傍の磁性層の組成により、MR変化率が変化することが確認できた。そこで、本実施例では、実施例1と同様の成膜法及び加工法を用いて作製した磁気抵抗素子について、強磁性層の組成とMR変化率との関係を測定した。

15 強磁性層の組成は、オージェ光電子分光、SIMS及びXPSにより分析した。図12A～図12Dに示したように、組成は、層の界面近傍および層の中心において測定した。界面の近傍では、界面から2nmの範囲を測定対象とした。層の中心においても厚さ方向の中心を含む2nmの範囲を測定対象とした。図12A～図12Dに示した「組成1」～「組成9」は、以下に示す各表における表示に対応している。また、図12A～図12Dに示した素子の構造は、各表における素子タイプa)～d)にそれぞれ対応している。

なお、非磁性層としては、ICPマグнетロンスパッタ法により成膜したAl膜を、純酸素と高純度Arとの混合ガスをチャンバー内に導入して酸化したAl₂O₃膜（膜厚1.0～2nm）を用いた。非磁性金属層としてはRu膜（0.7～0.9nm）を、反強磁性層としてはPdPtMn（15～30nm）をそれぞれ用いた。

また、いくつかの磁気抵抗素子においては、強磁性層の組成や組成比が層の厚さ方向に変化するように成膜した。この成膜は、各ターゲットへの印加電圧の調整等によって行った。

表4 a)-1

No.	No.	素子 タイプ	熱処理温度 (°C)	MR (%)	組成 1	組成 2	組成 3	組成 4	組成 5	組成 6
1 a)		r. t.	22.2							
		260	24.5							
		300	24.3	$\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25}$	$\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25}$	$\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25}$	$\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25}$	$\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$	$\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$	
		350	15.3							
		400	10.1							
2 a)		r. t.	22.3							
		260	23.8	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99.8}\text{Pt}_{0.2}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99.8}\text{Pt}_{0.2}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99.8}\text{Pt}_{0.2}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99.8}\text{Pt}_{0.2}$	$\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$	$\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$	
		300	23.2							
		350	14.9							
		400	10.2							
3 a)		r. t.	23.1							
		260	24.7	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99.7}\text{Pt}_{0.3}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99.7}\text{Pt}_{0.3}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99.7}\text{Pt}_{0.3}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99.7}\text{Pt}_{0.3}$	$\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$	$\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$	
		300	24.7							
		350	24							
		400	21.1							
4 a)		r. t.	24.2							
		260	25.2	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{97}\text{Pt}_3$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{97}\text{Pt}_3$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{97}\text{Pt}_3$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{97}\text{Pt}_3$	$\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$	$\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$	
		300	25.4							
		350	26.3							
		400	25.4							

表4 a)-2

No.	元素 タ/ジ*	熱処理温度 (°C)	HR (%)	組成 1	組成 2	組成 3	組成 4	組成 5	組成 6
5 a)	r.t.	23.8							
	260	24.9							
	300	25.5	$(Co_{75}Fe_{25})_{85}Pt_{15}$	$(Co_{75}Fe_{25})_{85}Pt_{15}$	$(Co_{75}Fe_{25})_{85}Pt_{15}$	$(Co_{75}Fe_{25})_{85}Pt_{15}$	$Ni_{80}Fe_{20}$	$Ni_{80}Fe_{20}$	
	350	30.1							
	400	33.2							
6 a)	r.t.	23.9							
	260	25.1							
	300	25.3	$(Co_{75}Fe_{25})_{71}Pt_{29}$	$(Co_{75}Fe_{25})_{71}Pt_{29}$	$(Co_{75}Fe_{25})_{71}Pt_{29}$	$(Co_{75}Fe_{25})_{71}Pt_{29}$	$Ni_{80}Fe_{20}$	$Ni_{80}Fe_{20}$	
	350	25							
	400	24.8							
7 a)	r.t.	18.9							
	260	19.4	$(Co_{75}Fe_{25})_{41}Pt_{59}$	$(Co_{75}Fe_{25})_{41}Pt_{59}$	$(Co_{75}Fe_{25})_{41}Pt_{59}$	$(Co_{75}Fe_{25})_{41}Pt_{59}$	$Ni_{80}Fe_{20}$	$Ni_{80}Fe_{20}$	
	300	20.1							
	350	20.5							
	400	20.2							
8 a)	r.t.	12.5							
	260	17.8	$(Co_{75}Fe_{25})_{38}Pt_{62}$	$(Co_{75}Fe_{25})_{38}Pt_{62}$	$(Co_{75}Fe_{25})_{38}Pt_{62}$	$(Co_{75}Fe_{25})_{38}Pt_{62}$	$Ni_{80}Fe_{20}$	$Ni_{80}Fe_{20}$	
	300	15.3							
	350	12.2							
	400	11.2							

表4 b)-1

サブ No.	素子 タイプ	熱処理 温度 (°C)	MR (%)	組成 1		組成 2		組成 3		組成 4		組成 5		組成 6
9	a)	r.t.	19.1											
		260	21.2											
		300	22.1	Ni ₆₀ Fe ₄₀		Ni ₆₀ Fe ₂₀	Ni ₈₀ Fe ₂₀							
		350	15.1											
		400	10.2											
10	a)	r.t.	18.5											
		260	19.9	(Ni ₆₀ Fe ₄₀) _{99.8} Pt _{0.13} Pd _{0.07}		(Ni ₆₀ Fe ₄₀) _{99.8} Pt _{0.13} Pd _{0.07}		(Ni ₆₀ Fe ₄₀) _{99.8} Pt _{0.13} Pd _{0.07}		(Ni ₆₀ Fe ₄₀) _{99.8} Pt _{0.13} Pd _{0.07}		(Ni ₆₀ Fe ₂₀) _{99.8} Pt _{0.13} Pd _{0.07}	(Ni ₆₀ Fe ₂₀) _{99.8} Pt _{0.13} Pd _{0.07}	
		300	18.1											
		350	15.8											
		400	11.2											
11	a)	r.t.	19.1											
		260	20.9	(Ni ₆₀ Fe ₄₀) _{99.7} Pt _{0.2} Pd _{0.1}		(Ni ₆₀ Fe ₄₀) _{99.7} Pt _{0.2} Pd _{0.1}		(Ni ₆₀ Fe ₄₀) _{99.7} Pt _{0.2} Pd _{0.1}		(Ni ₆₀ Fe ₄₀) _{99.7} Pt _{0.2} Pd _{0.1}		(Ni ₆₀ Fe ₂₀) _{99.7} Pt _{0.2} Pd _{0.1}	(Ni ₆₀ Fe ₂₀) _{99.7} Pt _{0.2} Pd _{0.1}	
		300	21.1											
		350	19.9											
		400	19.7											
12	a)	r.t.	19.8											
		260	22.1	(Ni ₆₀ Fe ₄₀) ₉₇ Pt ₂ Pd ₁		(Ni ₆₀ Fe ₄₀) ₉₇ Pt ₂ Pd ₁		(Ni ₆₀ Fe ₄₀) ₉₇ Pt ₂ Pd ₁		(Ni ₆₀ Fe ₄₀) ₉₇ Pt ₂ Pd ₁		(Ni ₆₀ Fe ₂₀) ₉₇ Pt ₂ Pd ₁	(Ni ₆₀ Fe ₂₀) ₉₇ Pt ₂ Pd ₁	
		300	22.3											
		350	22.2											
		400	22.1											

表4 b)-2

No.	素子 番号	熱処理温度 (°C)	MR (%)	組成 1		組成 2		組成 3		組成 4		組成 5		組成 6	
				r.t.											
13	a)	260	19.9												
		300	19.8	$(\text{Ni}_{60}\text{Fe}_{40})_{45}\text{Pt}_{10}\text{Pd}_5$											
		350	26.2												
		400	28.8												
14	a)	260	19.8												
		300	20.1	$(\text{Ni}_{60}\text{Fe}_{40})_{71}\text{Pt}_{19}\text{Pd}_{10}$											
		350	22.5												
		400	23.1												
15	a)	260	18.8												
		300	19.1	$(\text{Ni}_{60}\text{Fe}_{40})_{41}\text{Pt}_{39}\text{Pd}_{20}$											
		350	19.9												
		400	19.6												
16	a)	260	16.8												
		300	15.9	$(\text{Ni}_{60}\text{Fe}_{40})_{38}\text{Pt}_{41}\text{Pd}_{21}$											
		350	12.3												
		400	9.8												

表4c)-1

サンプル No.	素子 タイプ	熱処理 温度 (°C)	MR (%)	組成 1	組成 2	組成 3
17	a)	r.t.	22.5			
		260	24.5			
		300	24.1	Co ₉₀ Fe ₁₀		Co ₇₅ Fe ₂₅
		350	15.2			
18	a)	400	9.9			
		r.t.	21.8			
		260	23.7			
		300	23.4	Co ₉₀ Fe ₁₀	(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{99.8} r _{0.1} Pd _{0.05} Rh _{0.05}	
19	a)	350	15.3			
		400	11.3			
		r.t.	22.2			
		260	24.2			
20	a)	300	24.1	Co ₉₀ Fe ₁₀	(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{99.7} r _{0.15} Pd _{0.07} Rh _{0.08}	
		350	23.9			
		400	23.8			
		r.t.	20.6			
		260	22.9			
		300	23.3	Co ₉₀ Fe ₁₀	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₉₇ r _{1.5} Pd _{0.75} Rh _{0.75}	
		350	24.2			
		400	24.5			

表4c)-2

#)J° N No.	素子 タイプ	熱處理 温度 (°C)	MR (%)	組成 4	組成 5	組成 6
17	a)	r.t.	22.5			
		260	24.5			
		300	24.1	$\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25}$	$\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25}$	$\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25}$
		350	15.2			
18	a)	r.t.	21.8			
		260	23.7			
		300	23.4	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99.8} \text{r}_{0.1}\text{Pd}_{0.05}\text{Rh}_{0.05}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99.8} \text{r}_{0.1}\text{Pd}_{0.05}\text{Rh}_{0.05}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99.8} \text{r}_{0.1}\text{Pd}_{0.05}\text{Rh}_{0.05}$
		350	15.3			
19	a)	r.t.	11.3			
		260	22.2			
		300	24.2			
		350	24.1	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99.7} \text{r}_{0.15}\text{Pd}_{0.07}\text{Rh}_{0.08}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99.7} \text{r}_{0.15}\text{Pd}_{0.07}\text{Rh}_{0.08}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99.7} \text{r}_{0.15}\text{Pd}_{0.07}\text{Rh}_{0.08}$
20	a)	r.t.	23.9			
		260	24.2			
		300	23.8			
		350	20.6	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{97} \text{r}_{1.5}\text{Pd}_{0.75}\text{Rh}_{0.75}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{97} \text{r}_{1.5}\text{Pd}_{0.75}\text{Rh}_{0.75}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{97} \text{r}_{1.5}\text{Pd}_{0.75}\text{Rh}_{0.75}$
		400	22.9			
		400	24.2			
		400	24.5			

表 4 c)-3

サブ No.	素子 タイプ	熱處理 温度 (°C)	MR (%)	組成 1	組成 2	組成 3
21	a)	r.t.	20.5			
		260	21.4			
		300	22.6	Co ₉₀ Fe ₁₀		(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₈₅ r _{7.5} Pd _{3.7} Rh _{3.8}
		350	26.8			
22	a)	r.t.	20.4			
		260	21.1			
		300	22.2	Co ₉₀ Fe ₁₀		(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₇₁ r _{14.5} Pd _{7.2} Rh _{7.3}
		350	25.2			
23	a)	r.t.	25.5			
		260	15.3			
		300	20.2	Co ₉₀ Fe ₁₀		(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₄₁ r _{29.5} Pd _{14.7} Rh _{14.8}
		350	21.4			
24	a)	r.t.	23.2			
		400	23.1	Co ₉₀ Fe ₁₀		(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₃₈ r ₃₁ Pd _{15.5} Rh _{15.5}
		400	15.1			
		400	20.1			
		260	19.7			
		300	15.1	Co ₉₀ Fe ₁₀		
		350	10.2			
		400				

表4c)-4

番号 No.	素子 タイプ	熱處理 温度 (°C)	MR (%)	組成 4	組成 5	組成 6
21 a)	r.t.	20.5				
	260	21.4		$(Co_{75}Fe_{25})_{65} r_{7.5}Pd_{3.7}Rh_{3.8}$	$(Co_{75}Fe_{25})_{65} r_{7.5}Pd_{3.7}Rh_{3.8}$	$(Co_{75}Fe_{25})_{65} r_{7.5}Pd_{3.7}Rh_{3.8}$
	300	22.6				
	350	26.8				
22 a)	r.t.	20.4				
	260	21.1		$(Co_{75}Fe_{25})_{71} r_{14.5}Pd_{7.2}Rh_{7.3}$	$(Co_{75}Fe_{25})_{71} r_{14.5}Pd_{7.2}Rh_{7.3}$	$(Co_{75}Fe_{25})_{71} r_{14.5}Pd_{7.2}Rh_{7.3}$
	300	22.2				
	350	25.2				
23 a)	400	25.5				
	r.t.	15.3				
	260	20.2		$(Co_{75}Fe_{25})_{41} r_{25.5}Pd_{14.7}Rh_{14.8}$	$(Co_{75}Fe_{25})_{41} r_{25.5}Pd_{14.7}Rh_{14.8}$	$(Co_{75}Fe_{25})_{41} r_{25.5}Pd_{14.7}Rh_{14.8}$
	300	21.4				
24 a)	350	23.2				
	400	23.1				
	r.t.	15.1				
	260	20.1		$(Co_{75}Fe_{25})_{38} r_{31}Pd_{15.5}Rh_{15.5}$	$(Co_{75}Fe_{25})_{38} r_{31}Pd_{15.5}Rh_{15.5}$	$(Co_{75}Fe_{25})_{38} r_{31}Pd_{15.5}Rh_{15.5}$
	300	19.7				
	350	15.1				
	400	10.2				

表 4 d)-1

No.	素子 No.	熱處理溫度 (°C)	MR (%)	組成 1	組成 2	組成 3	組成 4	組成 5	組成 6
25	b)	r. t.	22.5					$\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25}$	
		260	34.2					$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99.5}\text{Mn}_1$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99.5}\text{Mn}_5$
		300	36.1	$\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$	$\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$	$\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25}$		$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99.5}\text{Mn}_2$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99.5}\text{Mn}_{10}$
		350	22.2						
26	b)	400	14.8					$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99.8}\text{Pt}_{0.2}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99.8}\text{Pt}_{0.2}$
		r. t.	21.8					$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{98.8}\text{Pt}_{0.2}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{98.8}\text{Pt}_{0.2}$
		260	33.8					$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{97.3}\text{Pt}_{0.7}\text{Mn}_2$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{97.3}\text{Pt}_{0.7}\text{Mn}_2$
		300	35.5	$\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$	$\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99.8}\text{Pt}_{0.2}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99.8}\text{Pt}_{0.2}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{98.8}\text{Pt}_{0.2}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{98.8}\text{Pt}_{0.2}$
27	b)	350	18.9					$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{98.8}\text{Pt}_{0.2}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{98.8}\text{Pt}_{0.2}$
		400	15.1					$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{97.3}\text{Pt}_{0.7}\text{Mn}_2$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{97.3}\text{Pt}_{0.7}\text{Mn}_2$
		r. t.	22.2					$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99.7}\text{Pt}_{0.3}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99.7}\text{Pt}_{0.3}$
		260	34.1					$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99.7}\text{Pt}_{0.3}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99.7}\text{Pt}_{0.3}$
28	b)	300	35.7	$\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$	$\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99.7}\text{Pt}_{0.3}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99.7}\text{Pt}_{0.3}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{98.8}\text{Pt}_{0.2}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{98.8}\text{Pt}_{0.2}$
		350	35.5					$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{97.3}\text{Pt}_{0.7}\text{Mn}_4$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{97.3}\text{Pt}_{0.7}\text{Mn}_4$
		400	32.2					$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{97.3}\text{Pt}_{0.7}\text{Mn}_9$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{97.3}\text{Pt}_{0.7}\text{Mn}_9$
		r. t.	20.6					$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{97}\text{Pt}_3$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{97}\text{Pt}_3$
29	b)	260	33.3					$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{96.2}\text{Pt}_{3}\text{Mn}_0.8$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{96.2}\text{Pt}_{3}\text{Mn}_0.8$
		300	34.4	$\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$	$\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{97}\text{Pt}_3$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{96.4}\text{Pt}_3\text{Mn}_{1.6}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{96.4}\text{Pt}_3\text{Mn}_{1.6}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{96.4}\text{Pt}_3\text{Mn}_{1.6}$
		350	35						
		400	34.9						

表4 d)-2

No.	サブ ^a	素子 ^b タイプ ^c	熱処理温度 (°C)	MR (%)	組成 1	組成 2	組成 3	組成 4	組成 5	組成 6
29	b)	r.t.	20.5							
		260	33.5							
		300	35.1	Ni ₈₀ Fe ₂₀	Ni ₈₀ Fe ₂₀	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₈₅ Pt ₁₅	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₈₅ Pt ₁₅	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₈₅ Pt ₁₅	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₈₅ Pt ₁₅	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₈₅ Pt ₁₅
		350	36.5							
30	b)	400	41.1							
		r.t.	20.4							
		260	33.8	Ni ₈₀ Fe ₂₀	Ni ₈₀ Fe ₂₀	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₇₁ Pt ₂₉	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₇₁ Pt ₂₉	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₇₁ Pt ₂₉	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₇₁ Pt ₂₉	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₇₁ Pt ₂₉
		300	34.9							
31	b)	350	36.2							
		400	36.5							
		r.t.	15.3							
		260	29.5	Ni ₈₀ Fe ₂₀	Ni ₈₀ Fe ₂₀	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₄₁ Pt ₅₉	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₄₁ Pt ₅₉	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₄₁ Pt ₅₉	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₄₁ Pt ₅₉	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₄₁ Pt ₅₉
32	b)	300	31.1							
		350	33.2							
		400	30.2							
		r.t.	12.4							
32	b)	260	15.2							
		300	16.8	Ni ₈₀ Fe ₂₀	Ni ₈₀ Fe ₂₀	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₃₈ Pt ₆₂	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₃₈ Pt ₆₂	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₃₈ Pt ₆₂	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₃₈ Pt ₆₂	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₃₈ Pt ₆₂
		350	14.6							
		400	12.1							

表4 a) のサンプル1～8により、0.3～60 at%のPtの添加により300°C以上の熱処理後のMR特性は、Ptを添加しないサンプルと比較して、向上したことが確認できる。特に、3～30 at%程度の添加により、300°C以上の熱処理によってMR特性は向上する傾向にあった。この傾向は、表5 4 a) のCo₇₅Fe₂₅を、Co₉₀Fe₁₀、Co₅₀Fe₅₀、Ni₆₀Fe₄₀、Fe₅₀Co₂₅Ni₂₅に置き換えた場合、Ni₈₀Fe₂₀を、センダスト、Co₉₀Fe₁₀に置き換えた場合、にも同様に確認できた。また、Ptを、Re、Ru、Os、Rh、Ir、Pd、Auに置き換えた場合にも同様に確認できた。

表4 b) のサンプル9～16により、PtとPdを2：1の比率で合計0.3～60 at%、特に3～30 at%、添加することにより、300°C以上の熱処理後のMR特性が、添加しないサンプルと比較して、向上したことが確認できる。

添加する元素の比を、2：1から、10：1、6：1、3：1、1：1、1：2、1：3、1：6、1：10に変えても、同様の傾向が得られた。また、15 (Pt、Pd) のPtをTc、Re、Ru、Rh、Cu、Agに、PdをOs、Ir、Auにそれぞれ変えても、即ち(Pt、Pd) を含めて合計28通りの元素の組み合わせにおいても、同様の傾向が得られた。また、Ni₆₀Fe₄₀を、Co₇₅Fe₂₅、Fe₅₀Co₂₅Ni₂₅に置き換えた場合、Ni₈₀Fe₂₀を、センダスト、Co₉₀Fe₁₀に置き換えた場合、にも同様の傾向が得られた。

表4 c) のサンプル17～24により、Ir、Pd、Rhを2：1：1の比率で添加しても、表4 a)、b) と同様、MR特性が向上したことが確認できる。この傾向は、Irを1として、Pd、Rhそれを0.01～100の範囲で含有比率を変化させたときにも同様に確認できた。また、Co₉₀Fe₁₀を、Ni₈₀Fe₂₀、Ni₆₅Fe₂₅Co₁₀、Co₆₀Fe₂₀Ni₂₀に置き換えた場合、Co₇₅Fe₂₅を、Co₅₀Fe₅₀、Fe₆₀Ni₄₀、Fe₅₀Ni₅₀に置き換えた場合、にも同様の傾向が得られた。

さらに、元素の組み合わせとして、(Ir、Pd、Rh)に代えて、(Tc、Re、Ag)、(Ru、Os、Ir)、(Rh、Ir、Pt)、(Pd、Pt、Cu)、(Cu、Ag、Au)、(Re、Ru、Os)、(Ru、Rh、Pd)、(Ir、Pt、Cu)、(Re、Ir、Ag)を用いた場合においても、
5 同様の傾向が得られた。

表4 d) のサンプル25～32においても、表4 a)～c)と同様の傾向が得られた。これらのサンプルの一部では、熱処理後に反強磁性層からMnが拡散していることが確認できた。しかし、このMnの拡散は、Ptの添加により抑制されている。これは、Ptの添加によって、非磁性層の界面におけるMnの濃度を制御できることを示している。なお、PtをTc、Ru、Os、Rh、Ir、Pd、Cu、Agに代えても、同様の傾向が得られた。さらに、上記で述べた組成に強磁性層を変更しても、同様の傾向が得られた。
10

表 5 a)-1

No.	サブ N No.	素子 タイプ	熱処理温度 (°C)	MR (%)	組成 1	組成 2	組成 3	組成 4	組成 5	組成 6
33	b)	r.t.	22.9							
		260	34.1							
		300	34.3	$\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$	$\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$	$\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$	$\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25}$	$\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25}$	$\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25}$	$\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25}$
		350	23.5						$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{95}\text{Mn}_5$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{95}\text{Mn}_5$
		400	10.4						$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{96}\text{Mn}_2$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{90}\text{Mn}_{10}$
34	b)	r.t.	22.8							
		260	34.3							
		300	34.7	$\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$	$(\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10})_{99.9}\text{Re}_{0.1}$	$(\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10})_{99.8}\text{Re}_{0.2}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99.8}\text{Re}_{0.2}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99.9}\text{Re}_{0.1}$	$\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25}$	$\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25}$
		350	23.4						$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{98.1}\text{Mn}_{0.9}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{95}\text{Mn}_5$
		400	11.8						$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{98.1}\text{Re}_{0.1}\text{Mn}_{1.8}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{90}\text{Mn}_{10}$
35	b)	r.t.	21.9							
		260	33.6							
		300	34.5	$\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$	$(\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10})_{99.85}\text{Re}_{0.15}$	$(\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10})_{99.7}\text{Re}_{0.3}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99.7}\text{Re}_{0.3}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99.6}\text{Re}_{0.15}$	$\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25}$	$\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25}$
		350	35.1						$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99.65}\text{Re}_{0.15}\text{Mn}_{0.8}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{95}\text{Mn}_5$
		400	33.6						$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{98.25}\text{Re}_{0.15}\text{Mn}_{1.6}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{90}\text{Mn}_{10}$
36	b)	r.t.	20.5							
		260	32.7							
		300	33.9	$\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$	$(\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10})_{98.5}\text{Re}_{1.5}$	$(\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10})_{97}\text{Re}_3$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{97}\text{Re}_3$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{96.5}\text{Re}_{1.5}$	$\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25}$	$\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25}$
		350	35.2						$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{97.1}\text{Re}_{0.15}\text{Mn}_{0.7}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{95}\text{Mn}_5$
		400	35.3						$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{97.1}\text{Re}_{1.5}\text{Mn}_{1.4}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{90}\text{Mn}_{10}$

表 5 a)-2

No.	サブ A サブ B°	素子 (°C)	熱処理温度 (°C)	MR (%)	組成 1	組成 2	組成 3	組成 4	組成 5	組成 6
37 b)	r. t.	20.1								
	260	30.7	$\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$	$(\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10})_{92.5}\text{Re}_{7.5}$	$(\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10})_{85}\text{Re}_{15}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{92.5}\text{Re}_{7.5}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{92}\text{Re}_{7.5}\text{Mn}_{0.5}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{95}\text{Mn}_{5}$	$\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25}$	
	300	33.4								
	350	35.3								
	400	37.6								
38 b)	r. t.	22.4								
	260	32.9	$\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$	$(\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10})_{85.5}\text{Re}_{14.5}$	$(\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10})_{71}\text{Re}_{29}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{71}\text{Re}_{29}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{85.1}\text{Re}_{14.4}\text{Mn}_{0.5}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{95}\text{Mn}_{5}$	$\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25}$	
	300	34.3								
	350	35.1								
	400	35.1								
39 b)	r. t.	18.3								
	260	31.2	$\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$	$(\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10})_{70.5}\text{Re}_{29.5}$	$(\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10})_{41}\text{Re}_{59}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{70.5}\text{Re}_{29.5}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{70.1}\text{Re}_{29.1}\text{Mn}_{0.5}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{95}\text{Mn}_{5}$	$\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25}$	
	300	32.6								
	350	33								
	400	32.5								
40 b)	r. t.	13.8								
	260	24.9	$\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$	$(\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10})_{68}\text{Re}_{31}$	$(\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10})_{38}\text{Re}_{62}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{68}\text{Re}_{31}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{68.1}\text{Re}_{30.8}\text{Mn}_{0.5}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{95}\text{Mn}_{5}$	$\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25}$	
	300	26.2								
	350	15.4								
	400	9.7								

表 5(b)-1

サンプル No.	素子 角度°	熱処理温度 (°C)	MR (%)	組成 1		組成 2		組成 3		組成 4		組成 5		組成 6	
				r. t.	18	Ni ₈₀ Fe ₂₀	Ni ₈₀ Fe ₂₀	Ni ₆₀ Fe ₄₀	(Co ₇₀ Fe ₃₀) _{99.8} 0S _{0.2}	(Co ₇₀ Fe ₃₀) _{99.8} 0S _{0.2}	(Co _{95.8} 0S _{0.2} Mn ₄) _{98.9} 0S _{0.2} Mn _{0.8}	(Co _{95.8} 0S _{0.2} Mn ₄) _{98.9} 0S _{0.2} Mn _{1.8}			
41	c)	260	37.8	Ni ₈₀ Fe ₂₀	Ni ₆₀ Fe ₄₀	(Ni ₈₀ Fe ₂₀) _{98.9} RU _{0.1}	(Ni ₆₀ Fe ₄₀) _{98.8} RU _{0.2}	(Ni ₆₀ Fe ₄₀) _{98.7} RU _{0.3}	(Ni ₆₀ Fe ₄₀) _{98.7} RU _{0.3}	(Co ₇₀ Fe ₃₀) _{99.8} 0S _{0.2}	(Co ₇₀ Fe ₃₀) _{99.8} 0S _{0.2}	(Co _{95.8} 0S _{0.2} Mn ₄) _{98.9} 0S _{0.2} Mn _{0.8}	(Co _{95.8} 0S _{0.2} Mn ₄) _{98.9} 0S _{0.2} Mn _{1.8}	(Co _{90.8} 0S _{0.2} Mn ₉) _{98.9} 0S _{0.2} Mn _{0.8}	(Co _{90.8} 0S _{0.2} Mn ₉) _{98.9} 0S _{0.2} Mn _{1.8}
		300	40.3												
		350	24.6												
		400	12.2												
42	c)	r. t.	16.8	Ni ₈₀ Fe ₂₀	Ni ₆₀ Fe ₄₀	(Ni ₈₀ Fe ₂₀) _{98.9} RU _{0.1}	(Ni ₆₀ Fe ₄₀) _{98.8} RU _{0.2}	(Ni ₆₀ Fe ₄₀) _{98.7} RU _{0.3}	(Ni ₆₀ Fe ₄₀) _{98.7} RU _{0.3}	(Co ₇₀ Fe ₃₀) _{99.8} 0S _{0.2}	(Co ₇₀ Fe ₃₀) _{99.8} 0S _{0.2}	(Co _{95.8} 0S _{0.2} Mn ₄) _{98.9} 0S _{0.2} Mn _{0.8}	(Co _{95.8} 0S _{0.2} Mn ₄) _{98.9} 0S _{0.2} Mn _{1.8}	(Co _{90.8} 0S _{0.2} Mn ₉) _{98.9} 0S _{0.2} Mn _{0.8}	(Co _{90.8} 0S _{0.2} Mn ₉) _{98.9} 0S _{0.2} Mn _{1.8}
		260	36.5												
		300	37.7												
		350	25.4												
43	c)	400	12.9	Ni ₈₀ Fe ₂₀	Ni ₆₀ Fe ₄₀	(Ni ₈₀ Fe ₂₀) _{98.9} RU _{0.15}	(Ni ₆₀ Fe ₄₀) _{98.85} RU _{0.15}	(Ni ₆₀ Fe ₄₀) _{98.7} RU _{0.3}	(Ni ₆₀ Fe ₄₀) _{98.7} RU _{0.3}	(Co ₇₀ Fe ₃₀) _{99.8} 0S _{0.3}	(Co ₇₀ Fe ₃₀) _{99.8} 0S _{0.3}	(Co _{95.8} 0S _{0.2} Mn ₄) _{98.9} 0S _{0.2} Mn _{0.8}	(Co _{95.8} 0S _{0.2} Mn ₄) _{98.9} 0S _{0.2} Mn _{1.8}	(Co _{90.8} 0S _{0.2} Mn ₉) _{98.9} 0S _{0.2} Mn _{0.8}	(Co _{90.8} 0S _{0.2} Mn ₉) _{98.9} 0S _{0.2} Mn _{1.8}
		r. t.	16.5												
		260	36.4												
		300	38.1												
44	c)	350	35.9	Ni ₈₀ Fe ₂₀	Ni ₆₀ Fe ₄₀	(Ni ₈₀ Fe ₂₀) _{98.5} RU _{1.5}	(Ni ₆₀ Fe ₄₀) ₉₇ RU ₃	(Ni ₆₀ Fe ₄₀) ₉₇ RU ₃	(Co ₇₀ Fe ₃₀) _{99.7} 0S ₃	(Co ₇₀ Fe ₃₀) _{99.7} 0S ₃	(Co _{95.7} 0S _{0.3} Mn ₄) _{98.9} 0S _{0.2} Mn _{0.8}	(Co _{95.7} 0S _{0.3} Mn ₄) _{98.9} 0S _{0.2} Mn _{1.8}	(Co _{90.7} 0S _{0.3} Mn ₉) _{98.9} 0S _{0.2} Mn _{0.8}	(Co _{90.7} 0S _{0.3} Mn ₉) _{98.9} 0S _{0.2} Mn _{1.8}	
		400	30.5												
		r. t.	16.3												
		260	35.1												
45	c)	300	35.9	Ni ₈₀ Fe ₂₀	Ni ₆₀ Fe ₄₀	(Ni ₈₀ Fe ₂₀) _{98.4} RU _{1.7}	(Ni ₆₀ Fe ₄₀) ₉₇ RU ₃	(Ni ₆₀ Fe ₄₀) ₉₇ RU ₃	(Co ₇₀ Fe ₃₀) _{99.3} 0S ₃	(Co ₇₀ Fe ₃₀) _{99.3} 0S ₃	(Co _{95.3} 0S _{0.3} Mn ₄) _{98.5} 0S _{0.2} Mn _{0.8}	(Co _{95.3} 0S _{0.3} Mn ₄) _{98.5} 0S _{0.2} Mn _{1.8}	(Co _{90.3} 0S _{0.3} Mn ₉) _{98.5} 0S _{0.2} Mn _{0.8}	(Co _{90.3} 0S _{0.3} Mn ₉) _{98.5} 0S _{0.2} Mn _{1.8}	
		350	38.2												
		400	37.9												

表 5 b)-2

No.	母子 タフ	熱処理温度 (°C)	MR (%)	組成 1	組成 2	組成 3	組成 4	組成 5	組成 6
45 c)	r. t.	15.5							
	260	30.6							
	300	32.3	Ni ₈₀ Fe ₂₀	(Ni ₈₀ Fe ₂₀) _{92.5} Ru _{7.5}	(Ni ₆₀ Fe ₄₀) ₈₅ Ru ₁₅	(Ni ₆₀ Fe ₄₀) ₈₅ S ₁₅	(Co ₇₀ Fe ₃₀) ₈₅ S ₁₅	Co ₈₅ 0S ₁₅	
	350	35.4							
46 c)	400	38.3							
	r. t.	17.6							
	260	32	Ni ₈₀ Fe ₂₀	(Ni ₈₀ Fe ₂₀) _{85.5} Ru _{14.5}	(Ni ₆₀ Fe ₄₀) ₇₁ Ru ₂₉	(Ni ₆₀ Fe ₄₀) ₇₁ S ₂₉	(Co ₇₀ Fe ₃₀) ₇₁ S ₂₉	Co ₇₁ 0S ₂₉	
	300	33.1							
47 c)	350	34.3							
	400	35.1							
	r. t.	11.7							
	260	30.3	Ni ₈₀ Fe ₂₀	(Ni ₈₀ Fe ₂₀) _{70.5} Ru _{25.5}	(Ni ₆₀ Fe ₄₀) ₄₁ Ru ₅₉	(Ni ₆₀ Fe ₄₀) ₄₁ S ₅₉	(Co ₇₀ Fe ₃₀) ₄₁ S ₅₉	Co ₄₁ 0S ₅₉	
48 c)	300	32.4							
	350	32.2							
	400	30.8							
	r. t.	9.5							
	260	15.2							
	300	18.1	Ni ₈₀ Fe ₂₀	(Ni ₈₀ Fe ₂₀) ₆₅ Ru ₃₅	(Ni ₆₀ Fe ₄₀) ₃₈ Ru ₆₂	(Ni ₆₀ Fe ₄₀) ₃₈ S ₆₂	(Co ₇₀ Fe ₃₀) ₃₈ S ₆₂	Co ₃₈ 0S ₆₂	
	350	15.6							
	400	11.7							

表 5 c)-1

No.	素子 タイプ	熱処理温度 (°C)	MR (%)	組成 1	組成 2	組成 3	組成 4	組成 5	組成 6
49	c)	r.t.	21.7				$\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25}$		$\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$
		260	36.3	$\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$	$\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$	$\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$		$\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25}$	
		300	38.1				$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99.5}\text{Mn}_{1.5}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{95}\text{Mn}_5$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99}\text{Mn}_{10}$
		350	24.5				$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99}\text{Mn}_2$		
50	c)	400	11.6						
		r.t.	22.2						
		260	35.4	$\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$	$\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$	$\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99.8}\text{Pt}_{0.1}\text{Cu}_{0.1}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99.8}\text{Pt}_{0.1}\text{Cu}_{0.1}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99.8}\text{Pt}_{0.1}\text{Cu}_{0.1}$
		300	36.8				$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99.8}\text{Pt}_{0.1}\text{Cu}_{0.1}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99.8}\text{Pt}_{0.1}\text{Cu}_{0.1}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{94.8}\text{Pt}_{0.1}\text{Cu}_{0.1}\text{Mn}_5$
51	c)	350	22.3				$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{97.8}\text{Pt}_{0.1}\text{Cu}_{0.1}\text{Mn}_2$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{98.8}\text{Pt}_{0.1}\text{Cu}_{0.1}\text{Mn}_{10}$	
		400	13.2						
		r.t.	21.9						
		260	35.1	$\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$	$\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$	$\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99.7}\text{Pt}_{0.15}\text{Cu}_{0.15}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99.7}\text{Pt}_{0.15}\text{Cu}_{0.15}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99.7}\text{Pt}_{0.15}\text{Cu}_{0.15}$
52	c)	300	36.6	$\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$	$\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$	$\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99.7}\text{Pt}_{0.15}\text{Cu}_{0.15}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{98.8}\text{Pt}_{0.15}\text{Cu}_{0.15}\text{Mn}_{0.9}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{94.9}\text{Pt}_{0.15}\text{Cu}_{0.15}\text{Mn}_{4.8}$
		350	35.4					$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{97.9}\text{Pt}_{0.15}\text{Cu}_{0.15}\text{Mn}_{1.8}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{90.1}\text{Pt}_{0.15}\text{Cu}_{0.15}\text{Mn}_{9.6}$
		400	33.8						
		r.t.	20.2						
52	c)	260	32.8				$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{97}\text{Pt}_{1.5}\text{Cu}_{1.5}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{97}\text{Pt}_{1.5}\text{Cu}_{1.5}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{97}\text{Pt}_{1.5}\text{Cu}_{1.5}$
		300	35.3	$\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$	$\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$	$\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{97}\text{Pt}_{1.5}\text{Cu}_{1.5}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{96.2}\text{Pt}_{1.5}\text{Cu}_{1.5}\text{Mn}_{0.8}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{92.5}\text{Pt}_{1.5}\text{Cu}_{1.4}\text{Mn}_{4.6}$
		350	37.7						
		400	38.1						$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{95.4}\text{Pt}_{1.5}\text{Cu}_{1.5}\text{Mn}_{0.6}$

表5c)-2

No.	#/°N タイ°	素子 (°C)	熱処理温度 (%)	MR 組成 1	組成 2	組成 3	組成 4	組成 5	組成 6
53 c)	r.t.	19							
	260	31.6							
	300	34.5	$\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$	$\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{85}\text{Pt}_{7.5}\text{Cu}_{7.5}$		$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{65}\text{Pt}_{7.5}\text{Cu}_{7.5}$		$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{65}\text{Pt}_{7.5}\text{Cu}_{7.5}$
	350	38.9					$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{84.5}\text{Pt}_{7.5}\text{Cu}_{7.5}\text{Mn}_{0.5}$		$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{61.5}\text{Pt}_{7.2}\text{Cu}_{7.2}\text{Mn}_{4}$
54 c)	400	41.3					$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{84.2}\text{Pt}_{7.4}\text{Mn}_1$		$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{76.2}\text{Pt}_{6.9}\text{Cu}_{6.9}\text{Mn}_8$
	r.t.	15.8					$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{71}\text{Pt}_{14.5}\text{Cu}_{14.5}$		$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{71}\text{Pt}_{14.5}\text{Cu}_{14.5}$
	260	31.2					$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{70.7}\text{Pt}_{14.4}\text{Mn}_{0.5}$		$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{68.2}\text{Pt}_{13.9}\text{Mn}_{4}$
	300	32.7	$\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$	$\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{71}\text{Pt}_{14.5}\text{Cu}_{14.5}$		$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{70.2}\text{Pt}_{14.4}\text{Cu}_{14.4}\text{Mn}_1$		$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{65.4}\text{Pt}_{13.3}\text{Cu}_{13.3}\text{Mn}_8$
55 c)	350	37.1					$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{71}\text{Pt}_{29.5}\text{Cu}_{29.5}$		$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{41}\text{Pt}_{29.5}\text{Cu}_{29.5}$
	400	36.8					$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{70.8}\text{Pt}_{29.4}\text{Cu}_{29.4}\text{Mn}_{0.5}$		$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{66.2}\text{Pt}_{13.9}\text{Cu}_{13.9}\text{Mn}_4$
	r.t.	15.4					$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{40.6}\text{Pt}_{29.2}\text{Cu}_{29.2}\text{Mn}_1$		$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{37.7}\text{Pt}_{27.1}\text{Cu}_{27.1}\text{Mn}_6$
	260	31					$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{38}\text{Pt}_{31}\text{Cu}_{31}$		$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{38}\text{Pt}_{31}\text{Cu}_{31}$
56 c)	300	32.6	$\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$	$\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{41}\text{Pt}_{29.5}\text{Cu}_{29.5}$		$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{37.9}\text{Pt}_{30.6}\text{Cu}_{30.6}\text{Mn}_{0.5}$		$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{36.4}\text{Pt}_{29.8}\text{Cu}_{29.8}\text{Mn}_4$
	350	35.1					$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{37.6}\text{Pt}_{30.7}\text{Cu}_{30.7}\text{Mn}_1$		$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{35}\text{Pt}_{29.5}\text{Cu}_{29.5}\text{Mn}_6$
	400	33.8							
	r.t.	11.8							
56 c)	260	24.9							
	300	24.7	$\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$	$\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{38}\text{Pt}_{31}\text{Cu}_{31}$				
	350	14.9							
	400	10.5							

表5 d)-1

No.	タイプ	素子	熱処理温度 (°C)	MR (%)	組成 1	組成 2	組成 3	組成 4	組成 5	組成 6
57	c)	r.t.	12.7							
		260	28.4							
		300	29.3	Ni ₈₀ Fe ₂₀	Ni ₈₀ Fe ₂₀	Fe	Fe	Co ₇₅ Fe ₂₅	Co ₇₅ Fe ₂₅	
		350	18.9					(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₉₉ Mn ₁	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₉₅ Mn ₅	
58	c)	400	15.1					(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₉₈ Mn ₂	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₉₀ Mn ₁₀	
		r.t.	12.7					Fe _{99.8} Mn _{0.2}	Co ₇₅ Fe ₂₅	
		260	28.2					Fe _{99.8} Pt _{0.2}	Co ₇₅ Fe ₂₅	
		300	29.7	Ni ₈₀ Fe ₂₀	Ni ₈₀ Fe ₂₀	Fe _{99.8} Pt _{0.2}	Fe _{99.8} Pt _{0.2}	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₉₉ Mn ₁	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₉₅ Mn ₅	
59	c)	350	19.3					(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₉₈ Mn ₂	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₉₀ Mn ₁₀	
		400	15.4					Fe _{99.6} Pt _{0.2} Mn _{0.2}	Co ₇₅ Fe ₂₅	
		r.t.	12.5					Fe _{99.7} Pt _{0.3}	Co ₇₅ Fe ₂₅	
		260	27.1	Ni ₈₀ Fe ₂₀	Ni ₈₀ Fe ₂₀	Fe _{99.7} Pt _{0.3}	Fe _{99.7} Pt _{0.3}	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₉₉ Mn ₁	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₉₅ Mn ₅	
60	c)	350	27.2					(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₉₈ Mn ₂	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₉₀ Mn ₁₀	
		400	29					Fe _{99.55} Pt _{0.3} Mn _{0.15}	Co ₇₅ Fe ₂₅	
		r.t.	12.3					Fe ₉₇ Pt ₃	Co ₇₅ Fe ₂₅	
		260	26.5	Ni ₈₀ Fe ₂₀	Ni ₈₀ Fe ₂₀	Fe ₉₇ Pt ₃	Fe ₉₇ Pt ₃	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₉₉ Mn ₁	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₉₅ Mn ₅	
		300	26.8					(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₉₈ Mn ₂	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₉₀ Mn ₁₀	
		350	28.7					Fe _{96.9} Pt ₃ Mn _{0.1}	Co ₇₅ Fe ₂₅	
		400	30					Fe _{96.9} Pt ₃ Mn _{0.1}	Co ₇₅ Fe ₂₅	

表 5 d) -2

No.	元素 タイプ	熱処理温度 (°C)	MR (%)	組成 1	組成 2	組成 3	組成 4	組成 5	組成 6
61	c)	r. t.	12.4				$\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25}$		
		260	23.9				$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{95}\text{Mn}_1$		
		300	25.1	$\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$	$\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$	$\text{Fe}_{85}\text{Pt}_{15}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{95}\text{Mn}_2$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{95}\text{Mn}_5$	
		350	30.4				$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{95}\text{Mn}_1$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{95}\text{Mn}_1$	
		400	37				$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{95}\text{Mn}_2$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{95}\text{Mn}_5$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{95}\text{Mn}_{10}$
62	c)	r. t.	11.9				$\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25}$		
		260	25.1				$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{95}\text{Mn}_1$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{95}\text{Mn}_5$	
		300	27.8	$\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$	$\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$	$\text{Fe}_{71}\text{Pt}_{29}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{95}\text{Mn}_1$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{95}\text{Mn}_2$	
		350	29.1				$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{95}\text{Mn}_1$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{95}\text{Mn}_5$	
		400	33.4				$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{95}\text{Mn}_2$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{95}\text{Mn}_5$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{95}\text{Mn}_{10}$
63	c)	r. t.	11.5				$\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25}$		
		260	24.9				$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{95}\text{Mn}_1$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{95}\text{Mn}_5$	
		300	27.4	$\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$	$\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$	$\text{Fe}_{41}\text{Pt}_{59}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{95}\text{Mn}_1$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{95}\text{Mn}_2$	
		350	27.6				$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{95}\text{Mn}_1$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{95}\text{Mn}_5$	
		400	29.4				$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{95}\text{Mn}_2$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{95}\text{Mn}_{10}$	
64	c)	r. t.	10.3				$\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25}$		
		260	21				$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{95}\text{Mn}_1$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{95}\text{Mn}_5$	
		300	22.1	$\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$	$\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$	$\text{Fe}_{38}\text{Pt}_{62}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{95}\text{Mn}_1$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{95}\text{Mn}_5$	
		350	18.5				$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{95}\text{Mn}_2$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{95}\text{Mn}_5$	
		400	15.9				$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{95}\text{Mn}_2$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{95}\text{Mn}_{10}$	

表 6 a)-1

No.	元素 タイプ [*]	熱処理温度 (°C)	MR (%)	組成 1	組成 2	組成 3	組成 4	組成 5	組成 6
65 c)	r. t.	12.6							
	260	28.5							
	300	29.1	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{99.8}\text{Mn}_{0.2}$	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{99.8}\text{Mn}_{0.2}$	$\text{Fe}_{99.8}\text{Mn}_{0.2}$	$\text{Fe}_{99.8}\text{Mn}_{0.2}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99.8}\text{Mn}_{0.2}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99.8}\text{Mn}_{0.2}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99.8}\text{Mn}_{0.2}$
	350	18.9							
66 c)	400	15.1							
	r. t.	12.8							
	260	28.4	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{99.8}\text{Mn}_{0.2}$	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{99.8}\text{Mn}_{0.2}$	$\text{Fe}_{99.8}\text{Pt}_{0.2}\text{Mn}_{0.2}$	$\text{Fe}_{99.8}\text{Pt}_{0.2}\text{Mn}_{0.2}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99.8}\text{Mn}_{0.2}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99.8}\text{Mn}_{0.2}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99.8}\text{Mn}_{0.2}$
	300	29.1							
67 c)	350	19.5							
	400	15.6							
	r. t.	12.7							
	260	27.4	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{99.8}\text{Mn}_{0.2}$	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{99.8}\text{Mn}_{0.2}$	$\text{Fe}_{99.8}\text{Pt}_{0.2}\text{Mn}_{0.2}$	$\text{Fe}_{99.8}\text{Pt}_{0.2}\text{Mn}_{0.2}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99.8}\text{Mn}_{0.2}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99.8}\text{Mn}_{0.2}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99.8}\text{Mn}_{0.2}$
68 c)	300	30.1	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{99.8}\text{Mn}_{0.2}$	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{99.8}\text{Mn}_{0.2}$	$\text{Fe}_{99.8}\text{Pt}_{0.2}\text{Mn}_{0.2}$	$\text{Fe}_{99.8}\text{Pt}_{0.2}\text{Mn}_{0.2}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{98.8}\text{Mn}_{1.2}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{98.8}\text{Mn}_{1.2}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{98.8}\text{Mn}_{1.2}$
	350	29.5							
	400	33.4							
	r. t.	12.5							
68 c)	260	27							
	300	28.9	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{99.8}\text{Mn}_{0.2}$	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{99.8}\text{Mn}_{0.2}$	$\text{Fe}_{97}\text{Pt}_{2.8}\text{Mn}_{0.2}$	$\text{Fe}_{97}\text{Pt}_{2.8}\text{Mn}_{0.2}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{98.8}\text{Mn}_{1.2}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{98.8}\text{Mn}_{1.2}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{98.8}\text{Mn}_{1.2}$
	350	33.6							
	400	36.7							

表 6 a)-2

No.	タイプ	熱処理温度 (°C)	MR (%)	組成 1	組成 2	組成 3	組成 4	組成 5	組成 6
69	c)	r. t.	12.1						
		260	25.3						
		300	29.9	(Ni ₈₀ Fe ₂₀) _{99.8} Mn _{0.2}	(Ni ₈₀ Fe ₂₀) _{99.8} Mn _{0.2}	Fe ₈₅ Pt _{14.8} Mn _{0.2}	Fe ₈₅ Pt _{14.8} Mn _{0.2}	(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{99.8} Mn _{0.2}	(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{99.8} Mn _{0.2}
		350	34.2					(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{98.8} Mn _{1.2}	(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{94.8} Mn _{5.2}
70	c)	400	39.6					(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{97.8} Mn _{2.2}	(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{89.8} Mn _{10.2}
		r. t.	11.8					(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{99.8} Mn _{0.2}	(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{99.8} Mn _{0.2}
		260	25.3	(Ni ₈₀ Fe ₂₀) _{99.8} Mn _{0.2}	(Ni ₈₀ Fe ₂₀) _{99.8} Mn _{0.2}	Fe ₈₇ Pt _{28.8} Mn _{0.2}	Fe ₈₇ Pt _{28.8} Mn _{0.2}	(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{91.8} Mn _{1.2}	(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{94.8} Mn _{5.2}
		300	27.4					(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{97.8} Mn _{2.2}	(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{89.8} Mn _{10.2}
71	c)	350	31.8					(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{99.8} Mn _{0.2}	(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{99.8} Mn _{0.2}
		400	37.9					(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{91.8} Mn _{1.2}	(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{94.8} Mn _{5.2}
		r. t.	11.4					(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{97.8} Mn _{2.2}	(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{89.8} Mn _{10.2}
		260	25.1	(Ni ₈₀ Fe ₂₀) _{99.8} Mn _{0.2}	(Ni ₈₀ Fe ₂₀) _{99.8} Mn _{0.2}	Fe ₈₄ Pt _{58.8} Mn _{0.2}	Fe ₈₄ Pt _{58.8} Mn _{0.2}	(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{91.8} Mn _{1.2}	(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{94.8} Mn _{5.2}
72	c)	350	28.5					(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{97.8} Mn _{2.2}	(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{89.8} Mn _{10.2}
		400	34.2					(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{91.8} Mn _{1.2}	(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{94.8} Mn _{5.2}
		r. t.	10.5					(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{99.8} Mn _{0.2}	(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{99.8} Mn _{0.2}
		260	20.5					(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{98.8} Mn _{1.2}	(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{94.8} Mn _{5.2}
73	c)	300	22.3	(Ni ₈₀ Fe ₂₀) _{99.8} Mn _{0.2}	(Ni ₈₀ Fe ₂₀) _{99.8} Mn _{0.2}	Fe ₈₃ Pt _{61.8} Mn _{0.2}	Fe ₈₃ Pt _{61.8} Mn _{0.2}	(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{98.8} Mn _{1.2}	(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{94.8} Mn _{5.2}
		350	18.7					(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{91.8} Mn _{2.2}	(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{89.8} Mn _{10.2}
		400	16						

表 6 b)~1

#	No.	素子 タイプ	熱処理温度 (°C)	MR (%)	組成 1	組成 2	組成 3	組成 4	組成 5	組成 6
73	c)	r. t.	12.8							
		260	28.6							
		300	28.9	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{99.5}\text{Mn}_{0.5}$	$\text{Fe}_{99.5}\text{Mn}_{0.5}$					
		350	19.5							
74	c)	400	15.6							
		r. t.	12.7							
		260	28.6	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{99.5}\text{Mn}_{0.5}$	$\text{Fe}_{99.3}\text{Pt}_{0.2}\text{Mn}_{0.5}$					
		300	29.5	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{99.5}\text{Mn}_{0.5}$	$\text{Fe}_{99.3}\text{Pt}_{0.2}\text{Mn}_{0.5}$					
75	c)	350	19.7							
		400	15.7							
		r. t.	12.4							
		260	27.1	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{99.5}\text{Mn}_{0.5}$	$\text{Fe}_{99.2}\text{Pt}_{0.3}\text{Mn}_{0.5}$					
76	c)	300	29.9							
		350	28.4							
		400	30.8							
		r. t.	12.8							
77	c)	260	27.6							
		300	29.4	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{99.5}\text{Mn}_{0.5}$	$\text{Fe}_{97}\text{Pt}_{2.5}\text{Mn}_{0.5}$					
		350	34.4							
		400	37.7							

表 6 b)-2

No.	素子 No.	熱處理温度 (°C)	MR (%)	組成 1	組成 2	組成 3	組成 4	組成 5	組成 6
77	c)	r. t.	13.1						
		260	26.7						
		300	31.2	(Ni ₈₀ Fe ₂₀) _{99.5} Mn _{0.5}	(Ni ₈₀ Fe ₂₀) _{99.5} Mn _{0.5}	Fe ₆₅ Pt _{14.5} Mn _{0.5}	Fe ₆₅ Pt _{14.5} Mn _{0.5}	(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{99.5} Mn _{0.5}	(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{99.5} Mn _{0.5}
		350	38.4					(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{99.5} Mn _{0.5}	(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{99.5} Mn _{0.5}
		400	42.4					(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{97.5} Mn _{2.5}	(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{97.5} Mn _{2.5}
78	c)	r. t.	12.1						
		260	25.5	(Ni ₈₀ Fe ₂₀) _{99.5} Mn _{0.5}	(Ni ₈₀ Fe ₂₀) _{99.5} Mn _{0.5}	Fe _{64.9} Pt _{14.5} Mn _{0.6}	Fe _{64.9} Pt _{14.5} Mn _{0.6}	(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{99.5} Mn _{0.5}	(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{99.5} Mn _{0.5}
		300	27.1					(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{96.5} Mn _{1.5}	(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{96.5} Mn _{1.5}
		350	37					(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{97.5} Mn _{2.5}	(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{97.5} Mn _{2.5}
		400	42.1					(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{99.5} Mn _{0.4}	(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{99.5} Mn _{0.4}
79	c)	r. t.	11.6						
		260	24.9	(Ni ₈₀ Fe ₂₀) _{99.5} Mn _{0.5}	(Ni ₈₀ Fe ₂₀) _{99.5} Mn _{0.5}	Fe ₆₇ Pt _{28.5} Mn _{0.5}	Fe ₆₇ Pt _{28.5} Mn _{0.5}	(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{99.5} Mn _{0.5}	(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{99.5} Mn _{0.5}
		300	26.8					(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{96.5} Mn _{1.5}	(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{96.5} Mn _{1.5}
		350	33.8					(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{97.5} Mn _{2.5}	(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{97.5} Mn _{2.5}
		400	39					(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{99.5} Mn _{0.4}	(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{99.5} Mn _{0.4}
80	c)	r. t.	10.4						
		260	19.9	(Ni ₈₀ Fe ₂₀) _{99.5} Mn _{0.5}	(Ni ₈₀ Fe ₂₀) _{99.5} Mn _{0.5}	Fe ₃₈ Pt _{61.5} Mn _{0.5}	Fe ₃₈ Pt _{61.5} Mn _{0.5}	(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{99.5} Mn _{0.5}	(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{99.5} Mn _{0.5}
		300	22.5					(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{99.5} Mn _{1.5}	(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{99.5} Mn _{1.5}
		350	19.5					(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{97.5} Mn _{2.5}	(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{97.5} Mn _{2.5}
		400	16.5					(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{99.5} Mn _{0.4}	(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{99.5} Mn _{0.4}

表 6 c)-1

No.	素子 番号	熱処理温度 (°C)	MR (%)	組成 1	組成 2	組成 3	組成 4	組成 5	組成 6
81 c)	r. t.	12.7							
	260	28.4							
	300	28.6	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{99}\text{Mn}_1$	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{99}\text{Mn}_1$	$\text{Fe}_{99}\text{Mn}_1$	$\text{Fe}_{99}\text{Mn}_1$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99}\text{Mn}_1$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99}\text{Mn}_1$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99}\text{Mn}_1$
	350	18.9							
	400	15.1							
82 c)	r. t.	12.5							
	260	28.3	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{99}\text{Mn}_1$	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{99}\text{Mn}_1$	$\text{Fe}_{99.8}\text{Pt}_{0.2}\text{Mn}_1$	$\text{Fe}_{99.8}\text{Pt}_{0.2}\text{Mn}_1$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99}\text{Mn}_1$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99}\text{Mn}_1$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99}\text{Mn}_1$
	300	29.6							
	350	19.09							
	400	15.3							
83 c)	r. t.	12.1							
	260	26.9	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{99}\text{Mn}_1$	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{99}\text{Mn}_1$	$\text{Fe}_{98.7}\text{Pt}_{0.3}\text{Mn}_1$	$\text{Fe}_{98.7}\text{Pt}_{0.3}\text{Mn}_1$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99}\text{Mn}_1$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99}\text{Mn}_1$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99}\text{Mn}_1$
	300	29.5							
	350	27.4							
	400	28.8							
84 c)	r. t.	12.5							
	260	27.4	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{99}\text{Mn}_1$	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{99}\text{Mn}_1$	$\text{Fe}_{97}\text{Pt}_2\text{Mn}_1$	$\text{Fe}_{97}\text{Pt}_2\text{Mn}_1$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99}\text{Mn}_1$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99}\text{Mn}_1$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99}\text{Mn}_1$
	300	29.6							
	350	33.3							
	400	36.2							

表 6 c)-2

サンプル No.	素子 タイプ	熱処理温度 (°C)	MR (%)	組成 1	組成 2	組成 3	組成 4	組成 5	組成 6
85 c)	r.t.	13.3							
	260	26.8							
	300	31.5	(Ni ₈₀ Fe ₂₀) ₉₉ Mn ₁	(Ni ₈₀ Fe ₂₀) ₉₉ Mn ₁	Fe ₈₅ Pt ₁₄ Mn ₁	Fe ₈₅ Pt ₁₄ Mn ₁	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₉₉ Mn ₁	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₉₉ Mn ₁	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₉₉ Mn ₁
	350	39.1							
86 c)	400	43.8							
	r.t.	12.1							
	260	25.6	(Ni ₈₀ Fe ₂₀) ₉₉ Mn ₁	(Ni ₈₀ Fe ₂₀) ₉₉ Mn ₁	Fe _{84.9} Pt ₄ Mn _{1.1}	Fe _{84.9} Pt ₄ Mn _{1.1}	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₉₉ Mn ₁	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₉₉ Mn ₁	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₉₉ Mn ₁
	300	27							
87 c)	350	37							
	400	42.4							
	r.t.	11.7							
	260	25.1	(Ni ₈₀ Fe ₂₀) ₉₉ Mn ₁	(Ni ₈₀ Fe ₂₀) ₉₉ Mn ₁	Fe ₈₁ Pt ₂₈ Mn ₁	Fe ₈₁ Pt ₂₈ Mn ₁	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₉₉ Mn ₁	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₉₉ Mn ₁	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₉₉ Mn ₁
88 c)	350	34.8							
	400	39.4							
	r.t.	10.5							
	260	19.8							
88 c)	300	22.6	(Ni ₈₀ Fe ₂₀) ₉₉ Mn ₁	(Ni ₈₀ Fe ₂₀) ₉₉ Mn ₁	Fe ₃₈ Pt ₆₁ Mn ₁	Fe ₃₈ Pt ₆₁ Mn ₁	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₉₉ Mn ₁	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₉₉ Mn ₁	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₉₉ Mn ₁
	350	19.7							
	400	16.6							

表6 d)-1

No.	素子 No.	熱處理温度 (°C)	MR (%)	組成 1	組成 2	組成 3	組成 4	組成 5	組成 6
89 c)	r. t.	12.5							
	260	28.2							
	300	28.3	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{98}\text{Mn}_2$	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{98}\text{Mn}_2$	$\text{Fe}_{98}\text{Mn}_2$	$\text{Fe}_{98}\text{Mn}_2$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{98}\text{Mn}_2$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{98}\text{Mn}_2$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{98}\text{Mn}_2$
	350	18.7							
90 c)	400	14.9							
	r. t.	12.4							
	260	28.1	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{98}\text{Mn}_2$	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{98}\text{Mn}_2$	$\text{Fe}_{97.8}\text{Pt}_{0.2}\text{Mn}_2$	$\text{Fe}_{97.8}\text{Pt}_{0.2}\text{Mn}_2$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{98}\text{Mn}_2$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{98}\text{Mn}_2$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{98}\text{Mn}_2$
	300	29.1							
91 c)	350	18.9							
	400	15.1							
	r. t.	11.9							
	260	26.6	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{98}\text{Mn}_2$	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{98}\text{Mn}_2$	$\text{Fe}_{97.7}\text{Pt}_{0.3}\text{Mn}_2$	$\text{Fe}_{97.7}\text{Pt}_{0.3}\text{Mn}_2$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{98}\text{Mn}_2$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{98}\text{Mn}_2$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{98}\text{Mn}_2$
92 c)	300	29.1							
	350	27							
	400	28.4							
	r. t.	12.6							
92 c)	260	27.7							
	300	30.2	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{98}\text{Mn}_2$	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{98}\text{Mn}_2$	$\text{Fe}_{96}\text{Pt}_2\text{Mn}_2$	$\text{Fe}_{96}\text{Pt}_2\text{Mn}_2$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{97}\text{Mn}_3$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{97}\text{Mn}_3$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{97}\text{Mn}_3$
	350	32.9							
	400	35.8							

表 6 d)-2

No.	元素 タイプ	熱處理溫度 (°C)	MR (%)	組成 1	組成 2	組成 3	組成 4	組成 5	組成 6
93 c)	r.t.	13.5							
	260	27.1							
	300	32.2	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{98}\text{Mn}_2$	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{98}\text{Mn}_2$	$\text{Fe}_{85}\text{Pt}_{13}\text{Mn}_2$	$\text{Fe}_{85}\text{Pt}_{13}\text{Mn}_2$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{98}\text{Mn}_2$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{98}\text{Mn}_2$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{98}\text{Mn}_2$
	350	40.6							
94 c)	400	46.8							
	r.t.	12.4							
	260	25.7	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{98}\text{Mn}_2$	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{98}\text{Mn}_2$	$\text{Fe}_{87}\text{Pt}_{27}\text{Mn}_2$	$\text{Fe}_{87}\text{Pt}_{27}\text{Mn}_2$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{98}\text{Mn}_2$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{98}\text{Mn}_2$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{98}\text{Mn}_2$
	300	28.1							
95 c)	350	38.6							
	400	44.5							
	r.t.	11.9							
	260	25.5	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{98}\text{Mn}_2$	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{98}\text{Mn}_2$	$\text{Fe}_{87}\text{Pt}_{57}\text{Mn}_2$	$\text{Fe}_{87}\text{Pt}_{57}\text{Mn}_2$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{98}\text{Mn}_2$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{98}\text{Mn}_2$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{98}\text{Mn}_2$
96 c)	300	27.1							
	350	37							
	400	42							
	r.t.	10.4							
96 c)	260	19.9							
	300	22.4	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{98}\text{Mn}_2$	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{98}\text{Mn}_2$	$\text{Fe}_{83}\text{Pt}_{66}\text{Mn}_2$	$\text{Fe}_{83}\text{Pt}_{66}\text{Mn}_2$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{98}\text{Mn}_2$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{98}\text{Mn}_2$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{98}\text{Mn}_2$
	350	19.8							
	400	16.8							

表 7 a)-1

No.	サブ'ル タイ'ル	素子 熱処理温度 (°C)	MR (%)	組成 1	組成 2	組成 3	組成 4	組成 5	組成 6
97 c)	r. t.	12.4					$(Co_{75}Fe_{25})_{95}Mn_5$	$(Co_{75}Fe_{25})_{95}Mn_5$	$(Co_{75}Fe_{25})_{95}Mn_5$
	260	28.3	$(Ni_{80}Fe_{20})_{95}Mn_5$	$(Ni_{80}Fe_{20})_{95}Mn_5$	$Fe_{93}Mn_5$	$Fe_{93}Mn_5$	$(Co_{75}Fe_{25})_{94.1}Mn_{5.9}$	$(Co_{75}Fe_{25})_{90.3}Mn_{9.7}$	$(Co_{75}Fe_{25})_{90.3}Mn_{9.7}$
	300	28.4	$(Ni_{80}Fe_{20})_{95}Mn_5$	$(Ni_{80}Fe_{20})_{95}Mn_5$			$(Co_{75}Fe_{25})_{93.1}Mn_{6.9}$	$(Co_{75}Fe_{25})_{85.5}Mn_{14.5}$	$(Co_{75}Fe_{25})_{85.5}Mn_{14.5}$
	350	18.5					$Fe_{94.8}Mn_{5.2}$	$Fe_{94.8}Mn_{6.9}$	$Fe_{94.8}Mn_{6.9}$
98 c)	r. t.	14.8					$Fe_{94.8}Pt_{0.2}Mn_5$	$(Co_{75}Fe_{25})_{95}Mn_5$	$(Co_{75}Fe_{25})_{95}Mn_5$
	260	28	$(Ni_{80}Fe_{20})_{95}Mn_5$	$(Ni_{80}Fe_{20})_{95}Mn_5$	$Fe_{94.8}Pt_{0.2}Mn_5$	$Fe_{94.8}Pt_{0.2}Mn_5$	$(Co_{75}Fe_{25})_{94.1}Mn_{5.9}$	$(Co_{75}Fe_{25})_{90.3}Mn_{9.7}$	$(Co_{75}Fe_{25})_{90.3}Mn_{9.7}$
	300	28.9	$(Ni_{80}Fe_{20})_{95}Mn_5$	$(Ni_{80}Fe_{20})_{95}Mn_5$	$Fe_{94.8}Pt_{0.2}Mn_5$	$Fe_{94.8}Pt_{0.2}Mn_5$	$(Co_{75}Fe_{25})_{93.1}Mn_{6.9}$	$(Co_{75}Fe_{25})_{85.5}Mn_{14.5}$	$(Co_{75}Fe_{25})_{85.5}Mn_{14.5}$
	350	18.7					$Fe_{94.6}Pt_{0.2}Mn_{5.2}$	$Fe_{94.6}Pt_{0.2}Mn_{6.9}$	$Fe_{94.6}Pt_{0.2}Mn_{6.9}$
99 c)	r. t.	11.8					$Fe_{94.7}Pt_{0.3}Mn_5$	$(Co_{75}Fe_{25})_{95}Mn_5$	$(Co_{75}Fe_{25})_{95}Mn_5$
	260	26.4	$(Ni_{80}Fe_{20})_{95}Mn_5$	$(Ni_{80}Fe_{20})_{95}Mn_5$	$Fe_{94.7}Pt_{0.3}Mn_5$	$Fe_{94.7}Pt_{0.3}Mn_5$	$(Co_{75}Fe_{25})_{94.1}Mn_{5.9}$	$(Co_{75}Fe_{25})_{90.3}Mn_{9.7}$	$(Co_{75}Fe_{25})_{90.3}Mn_{9.7}$
	300	28.8	$(Ni_{80}Fe_{20})_{95}Mn_5$	$(Ni_{80}Fe_{20})_{95}Mn_5$	$Fe_{94.7}Pt_{0.3}Mn_5$	$Fe_{94.7}Pt_{0.3}Mn_5$	$(Co_{75}Fe_{25})_{93.1}Mn_{6.9}$	$(Co_{75}Fe_{25})_{85.5}Mn_{14.5}$	$(Co_{75}Fe_{25})_{85.5}Mn_{14.5}$
	350	26.5					$Fe_{94.55}Pt_{0.3}Mn_{5.15}$	$Fe_{94.55}Pt_{0.3}Mn_{6.9}$	$Fe_{94.55}Pt_{0.3}Mn_{6.9}$
100 c)	r. t.	27.9					$Fe_{93}Pt_2Mn_5$	$(Co_{75}Fe_{25})_{95}Mn_5$	$(Co_{75}Fe_{25})_{95}Mn_5$
	260	27.1	$(Ni_{80}Fe_{20})_{95}Mn_5$	$(Ni_{80}Fe_{20})_{95}Mn_5$	$Fe_{93}Pt_2Mn_5$	$Fe_{93}Pt_2Mn_5$	$(Co_{75}Fe_{25})_{94.1}Mn_{5.9}$	$(Co_{75}Fe_{25})_{90.3}Mn_{9.7}$	$(Co_{75}Fe_{25})_{90.3}Mn_{9.7}$
	300	29.9	$(Ni_{80}Fe_{20})_{95}Mn_5$	$(Ni_{80}Fe_{20})_{95}Mn_5$	$Fe_{93}Pt_2Mn_5$	$Fe_{93}Pt_2Mn_5$	$(Co_{75}Fe_{25})_{93.1}Mn_{6.9}$	$(Co_{75}Fe_{25})_{85.5}Mn_{14.5}$	$(Co_{75}Fe_{25})_{85.5}Mn_{14.5}$
	350	31.6					$Fe_{92.9}Pt_2Mn_{6.1}$	$Fe_{92.9}Pt_2Mn_{6.9}$	$Fe_{92.9}Pt_2Mn_{6.9}$
100 c)	400	32.8							

表 7 a)-2

No.	素子 タイプ	熱処理温度 (°C)	MR (%)	組成 1	組成 2	組成 3	組成 4	組成 5	組成 6
101 c)	r.t.	13.3							
	260	26.9							
	300	31.8	$(Ni_{80}Fe_{20})_{95}Mn_5$	$(Ni_{80}Fe_{20})_{95}Mn_5$	$Fe_{35}Pt_{10}Mn_5$	$Fe_{35}Pt_{10}Mn_5$	$(Co_{75}Fe_{25})_{95}Mn_5$	$(Co_{75}Fe_{25})_{95}Mn_5$	$(Co_{75}Fe_{25})_{95}Mn_5$
	350	40.1							
	400	45							
102 c)	r.t.	12.2							
	260	25.8	$(Ni_{80}Fe_{20})_{95}Mn_5$	$(Ni_{80}Fe_{20})_{95}Mn_5$	$Fe_{71}Pt_{24}Mn_5$	$Fe_{71}Pt_{24}Mn_5$	$(Co_{75}Fe_{25})_{95}Mn_5$	$(Co_{75}Fe_{25})_{95}Mn_5$	$(Co_{75}Fe_{25})_{95}Mn_5$
	300	27.9							
	350	36.7							
	400	43.2							
103 c)	r.t.	11.7							
	260	25.3	$(Ni_{80}Fe_{20})_{95}Mn_5$	$(Ni_{80}Fe_{20})_{95}Mn_5$	$Fe_{41}Pt_{54}Mn_5$	$Fe_{41}Pt_{54}Mn_5$	$(Co_{75}Fe_{25})_{95}Mn_5$	$(Co_{75}Fe_{25})_{95}Mn_5$	$(Co_{75}Fe_{25})_{95}Mn_5$
	300	26.9							
	350	34.4							
	400	40.5							
104 c)	r.t.	10.3							
	260	19.9	$(Ni_{80}Fe_{20})_{95}Mn_5$	$(Ni_{80}Fe_{20})_{95}Mn_5$	$Fe_{38}Pt_{57}Mn_5$	$Fe_{38}Pt_{57}Mn_5$	$(Co_{75}Fe_{25})_{95}Mn_5$	$(Co_{75}Fe_{25})_{95}Mn_5$	$(Co_{75}Fe_{25})_{95}Mn_5$
	300	22.2							
	350	19.5							
	400	16.5							

表7 b)-1

No.	素子 No.	熱處理温度 (°C)	MR (%)	組成 1	組成 2	組成 3	組成 4	組成 5	組成 6
105 c)	r. t.	12.1							
	260	27.6							
	300	27.8	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{92}\text{Mn}_8$	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{92}\text{Mn}_8$	$\text{Fe}_{92}\text{Mn}_8$	$\text{Fe}_{92}\text{Mn}_8$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{92}\text{Mn}_8$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{92}\text{Mn}_8$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{92}\text{Mn}_8$
	350	18							
106 c)	400	14.3							
	r. t.	12.2							
	260	27.9							
	300	28.2	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{92}\text{Mn}_8$	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{92}\text{Mn}_8$	$\text{Fe}_{91.8}\text{Pt}_{0.2}\text{Mn}_8$	$\text{Fe}_{91.8}\text{Pt}_{0.2}\text{Mn}_8$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{92}\text{Mn}_8$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{92}\text{Mn}_8$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{92}\text{Mn}_8$
107 c)	350	18.1							
	400	14.5							
	r. t.	11.6							
	260	25.9							
108 c)	300	28.1	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{92}\text{Mn}_8$	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{92}\text{Mn}_8$	$\text{Fe}_{91.7}\text{Pt}_{0.3}\text{Mn}_8$	$\text{Fe}_{91.7}\text{Pt}_{0.3}\text{Mn}_8$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{92}\text{Mn}_8$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{92}\text{Mn}_8$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{92}\text{Mn}_8$
	350	24.9							
	400	25.8							
	r. t.	12							
108 c)	260	26.8							
	300	29.7	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{92}\text{Mn}_8$	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{92}\text{Mn}_8$	$\text{Fe}_{90}\text{Pt}_2\text{Mn}_8$	$\text{Fe}_{90}\text{Pt}_2\text{Mn}_8$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{92}\text{Mn}_8$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{92}\text{Mn}_8$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{92}\text{Mn}_8$
	350	28.7							
	400	30							

表7 b)-2

サンプル No.	素子 番号	熱処理温度 (°C)	MR (%)	組成 1		組成 2		組成 3		組成 4		組成 5		組成 6	
				r. t.				Fe ₈₅ Pt ₇ Mn ₈							
109 c)		260	26.2												
		300	31.1	(Ni ₈₀ Fe ₂₀) ₉₂ Mn ₈	(Ni ₈₀ Fe ₂₀) ₉₂ Mn ₈										
		350	32.3												
		400	37.3												
110 c)		r. t.	11												
		260	24.9												
		300	26.2	(Ni ₈₀ Fe ₂₀) ₉₂ Mn ₈	(Ni ₈₀ Fe ₂₀) ₉₂ Mn ₈										
		350	30.4												
111 c)		400	34.1												
		r. t.	10.6												
		260	24.9	(Ni ₈₀ Fe ₂₀) ₉₂ Mn ₈	(Ni ₈₀ Fe ₂₀) ₉₂ Mn ₈										
		300	26.1												
112 c)		350	28.5												
		400	32.6												
		r. t.	10.2												
		260	19.7												
		300	21.9	(Ni ₈₀ Fe ₂₀) ₉₂ Mn ₈	(Ni ₈₀ Fe ₂₀) ₉₂ Mn ₈										
		350	18.3												
		400	15.4												

表7 c)-1

No.	サブ n タイプ	素子 熱処理温度 (°C)	MR (%)	組成 1	組成 2	組成 3	組成 4	組成 5	組成 6
113 c)	r.t.	11.6							
	260	26.1							
	300	26.5	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{88}\text{Mn}_{12}$	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{88}\text{Mn}_{12}$	$\text{Fe}_{88}\text{Mn}_{12}$	$\text{Fe}_{88}\text{Mn}_{12}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{88}\text{Mn}_{12}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{88}\text{Mn}_{12}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{88}\text{Mn}_{12}$
	350	17							
114 c)	400	13.6							
	r.t.	11.8							
	260	26.5	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{88}\text{Mn}_{12}$	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{88}\text{Mn}_{12}$	$\text{Fe}_{87.8}\text{Pt}_{0.2}\text{Mn}_{12}$	$\text{Fe}_{87.8}\text{Pt}_{0.2}\text{Mn}_{12}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{88}\text{Mn}_{12}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{88}\text{Mn}_{12}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{88}\text{Mn}_{12}$
	300	26.9							
115 c)	350	17.2							
	400	13.7							
	r.t.	11.5							
	260	25.7	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{88}\text{Mn}_{12}$	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{88}\text{Mn}_{12}$	$\text{Fe}_{87.7}\text{Pt}_{0.3}\text{Mn}_{12}$	$\text{Fe}_{87.7}\text{Pt}_{0.3}\text{Mn}_{12}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{88}\text{Mn}_{12}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{88}\text{Mn}_{12}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{88}\text{Mn}_{12}$
116 c)	350	23.5							
	400	24							
	r.t.	11.8							
	260	26.6							
116 c)	300	27.9	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{88}\text{Mn}_{12}$	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{88}\text{Mn}_{12}$	$\text{Fe}_{86}\text{Pt}_2\text{Mn}_{12}$	$\text{Fe}_{86}\text{Pt}_2\text{Mn}_{12}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{88}\text{Mn}_{12}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{88}\text{Mn}_{12}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{88}\text{Mn}_{12}$
	350	25.7							
	400	27.2							

表7c)-2

No.	素子 タイプ	熱處理温度 (°C)	MR (%)	組成 1	組成 2	組成 3	組成 4	組成 5	組成 6
117 c)	r. t.	11.9							
	260	25.9							
	300	30.2	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{88}\text{Mn}_{12}$	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{88}\text{Mn}_{12}$	$\text{Fe}_{81}\text{Pt}_7\text{Mn}_{12}$	$\text{Fe}_{81}\text{Pt}_7\text{Mn}_{12}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{88}\text{Mn}_{12}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{88}\text{Mn}_{12}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{88}\text{Mn}_{12}$
	350	27.2							
	400	29.9							
118 c)	r. t.	10.1							
	260	23.9							
	300	25.7	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{88}\text{Mn}_{12}$	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{88}\text{Mn}_{12}$	$\text{Fe}_{71}\text{Pt}_{11}\text{Mn}_{12}$	$\text{Fe}_{71}\text{Pt}_{11}\text{Mn}_{12}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{88}\text{Mn}_{12}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{88}\text{Mn}_{12}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{88}\text{Mn}_{12}$
	350	26.8							
	400	29.4							
119 c)	r. t.	10.1							
	260	24.2	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{88}\text{Mn}_{12}$	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{88}\text{Mn}_{12}$	$\text{Fe}_{41}\text{Pt}_{41}\text{Mn}_{12}$	$\text{Fe}_{41}\text{Pt}_{41}\text{Mn}_{12}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{88}\text{Mn}_{12}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{88}\text{Mn}_{12}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{88}\text{Mn}_{12}$
	300	25.6							
	350	24.9							
	400	27.2							
120 c)	r. t.	9.9							
	260	19.2							
	300	21.2	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{88}\text{Mn}_{12}$	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{88}\text{Mn}_{12}$	$\text{Fe}_{38}\text{Pt}_{50}\text{Mn}_{12}$	$\text{Fe}_{38}\text{Pt}_{50}\text{Mn}_{12}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{87.3}\text{Mn}_{12.7}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{87.3}\text{Mn}_{12.7}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{87.3}\text{Mn}_{12.7}$
	350	17							
	400	13.9							

表7 d)-1

No.	サブJ No.	素子 タイプ	熱処理温度 (°C)	MR (%)	組成 1	組成 2	組成 3	組成 4	組成 5	組成 6
121 c)	r.t.	10.9								
	260	24.2								
	300	24.7	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{81}\text{Mn}_{19}$							
	350	16.1			$\text{Fe}_{81}\text{Mn}_{19}$					
	400	12.8								
	r.t.	11.2								
122 c)	260	25.1								
	300	25.3	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{81}\text{Mn}_{19}$							
	350	16.1			$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{81}\text{Mn}_{19}$					
	400	12.8								
	r.t.	11.4								
	260	25.5								
123 c)	300	26.9	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{81}\text{Mn}_{19}$							
	350	21.8			$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{81}\text{Mn}_{19}$					
	400	21.9								
	r.t.	11.4								
	260	26.1								
	300	27.2	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{81}\text{Mn}_{19}$							
124 c)	350	22.7								
	400	23.1								

表7d)-2

No.	サブノン素子 タイプ*	熱処理温度 (°C)	MR (%)	組成1	組成2	組成3	組成4	組成5	組成6
125 c)	r.t.	11.6							
	260	25.8							
	300	28.9	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{81}\text{Mn}_{19}$	$\text{Fe}_{74}\text{Pt}_7\text{Mn}_{19}$	$\text{Fe}_{74}\text{Pt}_7\text{Mn}_{19}$	$\text{Fe}_{74}\text{Pt}_{10}\text{Mn}_{19}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{81}\text{Mn}_{19}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{81}\text{Mn}_{19}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{81}\text{Mn}_{19}$
	350	24.4							
126 c)	400	25.1							
	r.t.	9.9							
	260	22.1	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{81}\text{Mn}_{19}$	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{81}\text{Mn}_{19}$	$\text{Fe}_{77}\text{Pt}_{10}\text{Mn}_{19}$	$\text{Fe}_{77}\text{Pt}_{10}\text{Mn}_{19}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{81}\text{Mn}_{19}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{81}\text{Mn}_{19}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{81}\text{Mn}_{19}$
	300	24.2							
127 c)	350	23.1							
	400	24							
	r.t.	9.8							
	260	23.9	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{81}\text{Mn}_{19}$	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{81}\text{Mn}_{19}$	$\text{Fe}_{41}\text{Pt}_{40}\text{Mn}_{19}$	$\text{Fe}_{41}\text{Pt}_{40}\text{Mn}_{19}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{81}\text{Mn}_{19}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{81}\text{Mn}_{19}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{81}\text{Mn}_{19}$
128 c)	300	24.2							
	350	21.4							
	400	21.9							
	r.t.	9.5							
128 c)	260	18.2	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{81}\text{Mn}_{19}$	$(\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20})_{81}\text{Mn}_{19}$	$\text{Fe}_{38}\text{Pt}_{43}\text{Mn}_{19}$	$\text{Fe}_{38}\text{Pt}_{43}\text{Mn}_{19}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{81}\text{Mn}_{19}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{81}\text{Mn}_{19}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{81}\text{Mn}_{19}$
	300	20.1							
	350	15.1							
	400	12.7							

表 8 a)-1

サンプル No.	素子 タイプ	熱処理温度 (°C)	MR (%)	組成 1		組成 2		組成 3		組成 4		組成 5		組成 6	
				r.t.											
129	c)	260	21.1											$(Co_{75}Fe_{25})_{78}Mn_{22}$	$(Co_{75}Fe_{25})_{78}Mn_{22}$
		300	21.4	$(Ni_{80}Fe_{20})_{78}Mn_{22}$	$(Ni_{80}Fe_{20})_{78}Mn_{22}$	$Fe_{78}Mn_{22}$	$Fe_{78}Mn_{22}$							$(Co_{75}Fe_{25})_{76.7}Mn_{22.3}$	$(Co_{75}Fe_{25})_{76.4}Mn_{23.6}$
		350	13.2											$(Co_{75}Fe_{25})_{77.4}Mn_{22.6}$	$(Co_{75}Fe_{25})_{74.9}Mn_{25.1}$
		400	10.6												
130	c)	r.t.	10.2											$(Co_{75}Fe_{25})_{78}Mn_{22}$	$(Co_{75}Fe_{25})_{78}Mn_{22}$
		260	21.4											$(Co_{75}Fe_{25})_{77.7}Mn_{22.3}$	$(Co_{75}Fe_{25})_{76.4}Mn_{23.6}$
		300	21.6	$(Ni_{80}Fe_{20})_{78}Mn_{22}$	$(Ni_{80}Fe_{20})_{78}Mn_{22}$	$Fe_{77.8}Pt_{0.2}Mn_{22}$	$Fe_{77.8}Pt_{0.2}Mn_{22}$	$Fe_{77.7}Pt_{0.3}Mn_{22}$	$Fe_{77.7}Pt_{0.3}Mn_{22}$	$Fe_{77.7}Pt_{0.4}Mn_{22}$	$Fe_{77.7}Pt_{0.4}Mn_{22}$	$Fe_{77.7}Pt_{0.5}Mn_{22}$	$Fe_{77.7}Pt_{0.5}Mn_{22}$	$(Co_{75}Fe_{25})_{77.4}Mn_{22.6}$	$(Co_{75}Fe_{25})_{74.9}Mn_{25.1}$
		350	13												
131	c)	400	10.4												
		r.t.	10.4												
		260	21.6											$(Co_{75}Fe_{25})_{78}Mn_{22}$	$(Co_{75}Fe_{25})_{78}Mn_{22}$
		300	21.7	$(Ni_{80}Fe_{20})_{78}Mn_{22}$	$(Ni_{80}Fe_{20})_{78}Mn_{22}$	$Fe_{77.7}Pt_{0.3}Mn_{22}$	$Fe_{77.7}Pt_{0.3}Mn_{22}$	$Fe_{77.7}Pt_{0.4}Mn_{22}$	$Fe_{77.7}Pt_{0.4}Mn_{22}$	$Fe_{77.7}Pt_{0.5}Mn_{22}$	$Fe_{77.7}Pt_{0.5}Mn_{22}$	$Fe_{77.7}Pt_{0.6}Mn_{22}$	$Fe_{77.7}Pt_{0.6}Mn_{22}$	$(Co_{75}Fe_{25})_{77.7}Mn_{22.3}$	$(Co_{75}Fe_{25})_{76.4}Mn_{23.6}$
132	c)	350	14.6												
		400	12.2												
		r.t.	10.5												
		260	21.9											$(Co_{75}Fe_{25})_{78}Mn_{22}$	$(Co_{75}Fe_{25})_{78}Mn_{22}$
133	c)	300	21.7	$(Ni_{80}Fe_{20})_{78}Mn_{22}$	$(Ni_{80}Fe_{20})_{78}Mn_{22}$	$Fe_{76}Pt_2Mn_{22}$	$(Co_{75}Fe_{25})_{77.7}Mn_{22.3}$	$(Co_{75}Fe_{25})_{76.4}Mn_{23.6}$							
		350	14.7											$(Co_{75}Fe_{25})_{77.4}Mn_{22.6}$	$(Co_{75}Fe_{25})_{74.9}Mn_{25.1}$
		400	12.5												

表 8 a)-2

サンプル No.	素子 タイプ*	熱処理温度 (°C)	MR (%)	組成 1	組成 2	組成 3	組成 4	組成 5	組成 6
133 c)	r. t.	10.7							
	260	22.1							
	300	22.3	(Ni ₈₀ Fe ₂₀) ₇₈ Mn ₂₂	(Ni ₈₀ Fe ₂₀) ₇₈ Mn ₂₂	Fe ₇₁ Pt ₇ Mn ₂₂	Fe ₇₁ Pt ₇ Mn ₂₂	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₇₈ Mn ₂₂	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₇₈ Mn ₂₂	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₇₈ Mn ₂₂
	350	14.9					(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{77.7} Mn _{22.3}	(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{77.7} Mn _{22.3}	(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{76.4} Mn _{23.6}
134 c)	400	12.8					(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{77.4} Mn _{22.6}	(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{74.9} Mn _{25.1}	
	r. t.	9.6					(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₇₈ Mn ₂₂	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₇₈ Mn ₂₂	
	260	18.2	(Ni ₈₀ Fe ₂₀) ₇₈ Mn ₂₂	(Ni ₈₀ Fe ₂₀) ₇₈ Mn ₂₂	Fe ₆₈ Pt ₁₀ Mn ₂₂	Fe ₆₈ Pt ₁₀ Mn ₂₂	(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{77.7} Mn _{22.3}	(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{76.4} Mn _{23.6}	
	300	19.9					(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{77.4} Mn _{22.6}	(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{74.9} Mn _{25.1}	
135 c)	350	14.6							
	400	12.7							
	r. t.	9.5							
	260	17.6	(Ni ₈₀ Fe ₂₀) ₇₈ Mn ₂₂	(Ni ₈₀ Fe ₂₀) ₇₈ Mn ₂₂	Fe ₄₁ Pt ₃₇ Mn ₂₂	Fe ₄₁ Pt ₃₇ Mn ₂₂	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₇₈ Mn ₂₂	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₇₈ Mn ₂₂	
136 c)	300	18.1							
	350	13.4							
	400	10.4							
	r. t.	8.1							
136 c)	260	16.2							
	300	16.9	(Ni ₈₀ Fe ₂₀) ₇₈ Mn ₂₂	(Ni ₈₀ Fe ₂₀) ₇₈ Mn ₂₂	Fe ₃₈ Pt ₄₀ Mn ₂₂	Fe ₃₈ Pt ₄₀ Mn ₂₂	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₇₈ Mn ₂₂	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₇₈ Mn ₂₂	
	350	11.3							
	400	10.7							

OQ

表8b)-1

サンプル No.	素子 タイプ	熱処理 温度 (°C)	MR (%)	組成1	組成2	組成3
137	d)	r. t.	18.9			
		260	37.1			
		300	36.5	Co ₅₀ Pt ₅₀	Co ₅₀ Pt ₅₀	Co ₇₅ Fe ₂₅
		350	15.1			
138	d)	400	9.9			
		r. t.	18.8			
		260	35.6			
		300	36.6	Co ₅₀ Pt ₅₀	Co ₅₀ Pt ₅₀	(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{99.8} Rh _{0.2}
139	d)	350	15.4			
		400	10.5			
		r. t.	18.5			
		260	35.9			
140	d)	300	36.6	Co ₅₀ Pt ₅₀	Co ₅₀ Pt ₅₀	(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{99.7} Rh _{0.3}
		350	26.5			
		400	25.9			
		r. t.	18.1			
		260	36.2			
		300	36.4	Co ₅₀ Pt ₅₀	Co ₅₀ Pt ₅₀	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₉₇ Rh ₃
		350	35.6			
		400	30.1			

表 8 b)-2

サンプル No.	素子 タイプ	熱處理 温度 (°C)	MR (%)	組成 4	組成 5	組成 6	組成 7	組成 8	組成 9
137 d)	r.t.	18.9							
	260	37.1		$\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25}$					
	300	36.5			$\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$				
	350	15.1				$\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25}$			
	400	9.9					$\text{Co}_{50}\text{Pt}_{50}$		
138 d)	r.t.	18.8							
	260	35.6		$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99.8}\text{Rh}_{0.2}$					
	300	36.6			$\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$				
	350	15.4				$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99.8}\text{Rh}_{0.2}$			
	400	10.5					$\text{Co}_{50}\text{Pt}_{50}$		
139 d)	r.t.	18.5							
	260	35.9							
	300	36.6		$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99.7}\text{Rh}_{0.3}$					
	350	26.5			$\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$				
	400	25.9				$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{99.7}\text{Rh}_{0.3}$			
140 d)	r.t.	18.1							
	260	36.2		$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{97}\text{Rh}_3$					
	300	36.4			$\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$				
	350	35.6				$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{97}\text{Rh}_3$			
	400	30.1					$\text{Co}_{50}\text{Pt}_{50}$		

表 8 b)-3

サンプル No.	素子 タイプ	熱処理 温度 (°C)	MR (%)	組成 1	組成 2	組成 3
141 d)	r. t.	16.5				
	260	32.1				
	300	33.2	$\text{Co}_{50}\text{Pt}_{50}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{45}\text{Rh}_{15}$		
	350	34.2				
	400	36.6				
142 d)	r. t.	16.1				
	260	30.1				
	300	32.4	$\text{Co}_{50}\text{Pt}_{50}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{71}\text{Rh}_{29}$		
	350	34.5				
	400	34.3				
143 d)	r. t.	15.2				
	260	25.7				
	300	26.6	$\text{Co}_{50}\text{Pt}_{50}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{41}\text{Rh}_{59}$		
	350	30.3				
	400	29.8				
144 d)	r. t.	10.3				
	260	22.1				
	300	23.5	$\text{Co}_{50}\text{Pt}_{50}$	$(\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25})_{38}\text{Rh}_{62}$		
	350	16.1				
	400	11.2				

表 8 b)-4

サンプル No.	素子 タイプ	熱処理 温度 (°C)	MR (%)	組成 4	組成 5	組成 6	組成 7	組成 8	組成 9
141 d)	r. t.	16.5							
	260	32.1	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₈₅ Rh ₁₅	Ni ₈₀ Fe ₂₀	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₈₅ Rh ₁₅	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₈₅ Rh ₁₅	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₈₅ Rh ₁₅	Co ₅₀ Pt ₅₀	Co ₅₀ Pt ₅₀
	300	33.2							
	350	34.2							
	400	36.6							
142 d)	r. t.	16.1							
	260	30.1	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₇₁ Rh ₂₉	Ni ₈₀ Fe ₂₀	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₇₁ Rh ₂₉	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₇₁ Rh ₂₉	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₇₁ Rh ₂₉	Co ₅₀ Pt ₅₀	Co ₅₀ Pt ₅₀
	300	32.4							
	350	34.5							
	400	34.3							
143 d)	r. t.	15.2							
	260	25.7	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₄₁ Rh ₅₉	Ni ₈₀ Fe ₂₀	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₄₁ Rh ₅₉	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₄₁ Rh ₅₉	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₄₁ Rh ₅₉	Co ₅₀ Pt ₅₀	Co ₅₀ Pt ₅₀
	300	26.6							
	350	30.3							
	400	29.8							
144 d)	r. t.	10.3							
	260	22.1	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₃₈ Rh ₆₂	Ni ₈₀ Fe ₂₀	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₃₈ Rh ₆₂	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₃₈ Rh ₆₂	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₃₈ Rh ₆₂	Co ₅₀ Pt ₅₀	Co ₅₀ Pt ₅₀
	300	23.5							
	350	16.1							
	400	11.2							

表 8 c)-1

サブ N No.	素子 タイプ	熱処理 温度 (°C)	MR (%)	組成 1	組成 2	組成 3
145	d)	r. t.	15.1			
		260	32.1			
		300	34.1	Co ₅₀ Fe ₅₀	Co ₅₀ Fe ₅₀	Co ₅₀ Fe ₅₀
		350	10.1			
		400	8.5			
146	d)	r. t.	15.3			
		260	32.4			
		300	34.3	(Co ₅₀ Fe ₅₀) _{99.8} Pt _{0.2}	(Co ₅₀ Fe ₅₀) _{99.8} Pt _{0.2}	(Co ₅₀ Fe ₅₀) _{99.9} Pt _{0.1}
		350	11.1			(Co ₅₀ Fe ₅₀) _{99.6} Pt _{0.1} Mn _{0.1}
		400	9.5			(Co ₅₀ Fe ₅₀) _{99.7} Pt _{0.2} Mn _{0.1}
147	d)	r. t.	15.5			
		260	33.1			
		300	35.2	(Co ₅₀ Fe ₅₀) _{99.7} Pt _{0.3}	(Co ₅₀ Fe ₅₀) _{99.7} Pt _{0.3}	(Co ₅₀ Fe ₅₀) _{99.85} Mn _{0.15}
		350	28.4			(Co ₅₀ Fe ₅₀) _{99.7} Pt _{0.15} Mn _{0.15}
		400	24.6			(Co ₅₀ Fe ₅₀) _{99.55} Pt _{0.3} Mn _{0.15}
148	d)	r. t.	16.3			
		260	35.2			
		300	36.7	(Co ₅₀ Fe ₅₀) ₉₇ Pt ₃	(Co ₅₀ Fe ₅₀) ₉₇ Pt ₃	(Co ₅₀ Fe ₅₀) ₉₈ Pt ₁ Mn ₁
		350	32.8			(Co ₅₀ Fe ₅₀) ₉₇ Pt ₂ Mn ₁
		400	29.9			

表 8c)-2

サンプル No.	素子 No.	熱 処理 温度 (°C)	MR (%)	組成 4		組成 5		組成 6		組成 7		組成 8		組成 9	
145	d)	r. t.	15.1	$Fe_{60}Ni_{40}$		$Ni_{80}Fe_{20}$		$Fe_{80}Ni_{40}$		$Co_{90}Fe_{10}$		$Co_{90}Fe_{50}$		$Co_{50}Fe_{50}$	
		260	32.1	$Fe_{57}Ni_{43}$		$Ni_{78.9}Fe_{21.1}$		$Fe_{57}Ni_{43}$		$Co_{90}Fe_{10}$		$Co_{90}Fe_{50}$		$Co_{50}Fe_{50}$	
		300	34.1	$Fe_{54}Ni_{46}$		$Ni_{77.8}Fe_{22.2}$		$Fe_{54}Ni_{46}$		$Co_{90}Fe_{10}$		$Co_{90}Fe_{50}$		$Co_{50}Fe_{50}$	
		350	10.1	$Fe_{51}Ni_{49}$		$Ni_{78.9}Fe_{21.1}$		$Fe_{51}Ni_{49}$		$Co_{90}Fe_{10}$		$Co_{90}Fe_{50}$		$Co_{50}Fe_{50}$	
146	d)	400	8.5	$Fe_{53}Ni_{47}$		$Ni_{77.8}Fe_{22.2}$		$Fe_{53}Ni_{47}$		$Co_{90}Fe_{10}$		$Co_{90}Fe_{50}$		$Co_{50}Fe_{50}$	
		r. t.	15.3	$(Fe_{80}Ni_{40})_{99.8} r_{0.2}$		$Ni_{80}Fe_{20}$		$(Fe_{80}Ni_{40})_{99.8} r_{0.2}$		$(Co_{90}Fe_{10})_{99.8}Mn_{0.1}$		$(Co_{90}Fe_{10})_{99.8}Pt_{0.2}$		$(Co_{50}Fe_{50})_{99.8}Pt_{0.2}$	
		260	32.4	$(Fe_{80}Ni_{40})_{99.8} r_{0.2}$		$Ni_{80}Fe_{20}$		$(Fe_{80}Ni_{40})_{99.8} r_{0.2}$		$(Co_{90}Fe_{10})_{99.8}Mn_{0.1}$		$(Co_{90}Fe_{10})_{99.8}Pt_{0.2}$		$(Co_{50}Fe_{50})_{99.8}Pt_{0.2}$	
		300	34.3	$(Fe_{87}Ni_{43})_{99.8} r_{0.2}$		$Ni_{78.9}Fe_{21.1}$		$(Fe_{87}Ni_{43})_{99.8} r_{0.2}$		$(Co_{90}Fe_{10})_{99.8}Pt_{0.1}Mn_{0.1}$		$(Co_{90}Fe_{10})_{99.8}Pt_{0.1}Mn_{0.1}$		$(Co_{50}Fe_{50})_{99.8}Pt_{0.1}Mn_{0.1}$	
147	d)	350	11.1	$(Fe_{87}Ni_{43})_{99.8} r_{0.2}$		$Ni_{78.9}Fe_{21.1}$		$(Fe_{87}Ni_{43})_{99.8} r_{0.2}$		$(Co_{90}Fe_{10})_{99.8}Pt_{0.1}Mn_{0.1}$		$(Co_{90}Fe_{10})_{99.8}Pt_{0.1}Mn_{0.1}$		$(Co_{50}Fe_{50})_{99.8}Pt_{0.1}Mn_{0.1}$	
		400	9.5	$(Fe_{84}Ni_{46})_{99.8} r_{0.2}$		$Ni_{77.8}Fe_{22.2}$		$(Fe_{84}Ni_{46})_{99.8} r_{0.2}$		$(Co_{90}Fe_{10})_{99.8}Pt_{0.1}Mn_{0.1}$		$(Co_{90}Fe_{10})_{99.8}Pt_{0.1}Mn_{0.1}$		$(Co_{50}Fe_{50})_{99.8}Pt_{0.1}Mn_{0.1}$	
		r. t.	15.5	$(Fe_{80}Ni_{40})_{99.7} r_{0.3}$		$Ni_{80}Fe_{20}$		$(Fe_{80}Ni_{40})_{99.7} r_{0.3}$		$(Co_{90}Fe_{10})_{99.8}Mn_{0.15}$		$(Co_{90}Fe_{10})_{99.8}Mn_{0.15}$		$(Co_{50}Fe_{50})_{99.8}Mn_{0.15}$	
		260	33.1	$(Fe_{80}Ni_{40})_{99.7} r_{0.3}$		$Ni_{80}Fe_{20}$		$(Fe_{80}Ni_{40})_{99.7} r_{0.3}$		$(Co_{90}Fe_{10})_{99.7}Mn_{0.15}$		$(Co_{90}Fe_{10})_{99.7}Mn_{0.15}$		$(Co_{50}Fe_{50})_{99.7}Mn_{0.15}$	
148	d)	300	35.2	$(Fe_{87}Ni_{43})_{99.7} r_{0.3}$		$Ni_{78.9}Fe_{21.1}$		$(Fe_{87}Ni_{43})_{99.8} r_{0.2}$		$(Co_{90}Fe_{10})_{99.7}Pt_{0.15}Mn_{0.15}$		$(Co_{90}Fe_{10})_{99.7}Pt_{0.15}Mn_{0.15}$		$(Co_{50}Fe_{50})_{99.7}Pt_{0.15}Mn_{0.15}$	
		350	28.4	$(Fe_{85}Ni_{46})_{99.7} r_{0.3}$		$Ni_{77.8}Fe_{22.2}$		$(Fe_{84}Ni_{46})_{99.8} r_{0.2}$		$(Co_{90}Fe_{10})_{99.75}Pt_{0.15}Mn_{0.15}$		$(Co_{90}Fe_{10})_{99.75}Pt_{0.15}Mn_{0.15}$		$(Co_{50}Fe_{50})_{99.75}Pt_{0.15}Mn_{0.15}$	
		400	24.6	$(Fe_{84}Ni_{46})_{99.7} r_{0.3}$		$Ni_{77.8}Fe_{22.2}$		$(Fe_{84}Ni_{46})_{99.8} r_{0.2}$		$(Co_{90}Fe_{10})_{99.8}Mn_{0.1}$		$(Co_{90}Fe_{10})_{99.8}Mn_{0.1}$		$(Co_{50}Fe_{50})_{99.8}Mn_{0.1}$	
		r. t.	16.3	$(Fe_{80}Ni_{40})_{97} r_3$		$Ni_{80}Fe_{20}$		$(Fe_{80}Ni_{40})_{97} r_3$		$(Co_{90}Fe_{10})_{99}Mn_1$		$(Co_{90}Fe_{10})_{99}Mn_1$		$(Co_{50}Fe_{50})_{99}Mn_1$	
149	d)	260	35.2	$(Fe_{80}Ni_{40})_{97} r_3$		$Ni_{80}Fe_{20}$		$(Fe_{80}Ni_{40})_{97} r_3$		$(Co_{90}Fe_{10})_{97}Pt_3$		$(Co_{90}Fe_{10})_{97}Pt_3$		$(Co_{50}Fe_{50})_{97}Pt_3$	
		300	36.7	$(Fe_{85.9}Ni_{43.1})_{97.1} r_{2.9}$		$Ni_{78.9}Fe_{21.1}$		$(Fe_{85.9}Ni_{43.1})_{97.1} r_{2.9}$		$(Co_{90}Fe_{10})_{98}Pt_1Mn_1$		$(Co_{90}Fe_{10})_{98}Pt_1Mn_1$		$(Co_{50}Fe_{50})_{98}Pt_1Mn_1$	
		350	32.8	$(Fe_{83.8}Ni_{46.2})_{97.3} r_{2.7}$		$Ni_{77.8}Fe_{22.2}$		$(Fe_{83.8}Ni_{46.2})_{97.3} r_{2.7}$		$(Co_{90}Fe_{10})_{97}Pt_2Mn_1$		$(Co_{90}Fe_{10})_{97}Pt_2Mn_1$		$(Co_{50}Fe_{50})_{97}Pt_2Mn_1$	
		400	29.9	$(Fe_{83.8}Ni_{46.2})_{97.3} r_{2.7}$		$Ni_{77.8}Fe_{22.2}$		$(Fe_{83.8}Ni_{46.2})_{97.3} r_{2.7}$		$(Co_{90}Fe_{10})_{97}Pt_3$		$(Co_{90}Fe_{10})_{97}Pt_3$		$(Co_{50}Fe_{50})_{97}Pt_3$	

表8c)-3

サンプル No.	素子 タイプ	熱処理 温度 (°C)	MR (%)	組成 1	組成 2	組成 3
149	d)	r. t.	17.5			
		260	39.2	$(Co_{50}Fe_{50})_{45}Pt_{15}$	$(Co_{90}Fe_{10})_{95}Mn_5$	
		300	42.4		$(Co_{90}Fe_{10})_{95}Mn_5$	
		350	42.6		$(Co_{90}Fe_{10})_{90}Pt_5Mn_5$	
		400	38.1		$(Co_{90}Fe_{10})_{85}Pt_{10}Mn_5$	
		r. t.	16.9			
150	d)	260	37.8			
		300	38.2	$(Co_{50}Fe_{50})_{71}Pt_{29}$	$(Co_{90}Fe_{10})_{90}Mn_5$	
		350	38.1		$(Co_{90}Fe_{10})_{81}Pt_9Mn_5$	
		400	37.9		$(Co_{90}Fe_{10})_{71.5}Pt_{19}Mn_5$	
		r. t.	15.2			
		260	34.3		$(Co_{90}Fe_{10})_{80.5}Mn_{19.5}$	
151	d)	300	34.5	$(Co_{50}Fe_{50})_{41}Pt_{59}$	$(Co_{90}Fe_{10})_{61}Pt_{19.5}Mn_{19.5}$	
		350	33.6		$(Co_{90}Fe_{10})_{41.5}Pt_{39}Mn_{19.5}$	
		400	33.1			
		r. t.	13.2			
		260	25.9		$(Co_{90}Fe_{10})_{78}Mn_{21}$	
		300	26.3	$(Co_{50}Fe_{50})_{38}Pt_{62}$	$(Co_{90}Fe_{10})_{58}Pt_{21}Mn_{21}$	
152	d)	350	14.2		$(Co_{90}Fe_{10})_{37}Pt_{42}Mn_{21}$	
		400	12.5			

表 8(c)-4

表 8 d)-1

サンプル No.	素子代号 ^{a)}	熱処理温度(°C)	MR (%)	組成 1	組成 2	組成 3
153	c)	r. t.	17.2			
		260	30.4			
		300	31.3	Co ₅₀ Fe ₅₀	Ni ₅₀ Fe ₅₀	Ni ₅₀ Fe ₅₀
		350	16.7			
154	c)	400	12.2			
		r. t.	17.3			
		260	30.6			
		300	31.1	Co ₅₀ Fe ₅₀	(Ni ₅₀ Fe ₅₀) _{99.8} Pt _{0.2}	
155	c)	350	16.5			
		400	13.1			
		r. t.	17.5			
		260	31.2			
156	c)	300	32.4	Co ₅₀ Fe ₅₀	Ni ₅₀ Fe ₅₀	(Ni ₅₀ Fe ₅₀) _{99.7} Pt _{0.3}
		350	27.6			
		400	25.8			
		r. t.	18.2			
156	c)	260	32.9			
		300	33.4	Co ₅₀ Fe ₅₀	Ni ₅₀ Fe ₅₀	(Ni ₅₀ Fe ₅₀) ₉₇ Pt ₃
		350	31.3			
		400	31.1			

表 8 d)-2

サンプル No.	素子 タイプ	熱処理 温度 (°C)	MR (%)	組成 4	組成 5	組成 6	組成 7	組成 8	組成 9
153	c)	r.t.	17.2						
		260	30.4						
		300	31.3	Ni ₅₀ Fe ₅₀	Ni ₈₀ Fe ₂₀	Co ₇₅ Fe ₂₅	Co ₇₅ Pt ₂₅	Co ₇₅ Fe ₂₅	Co ₅₀ Pd ₅₀
		350	16.7						
154	c)	r.t.	12.2						
		260	17.3						
		300	30.6	Ni ₅₀ Fe ₅₀	Ni ₈₀ Fe ₂₀	Co ₇₅ Fe ₂₅	(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{99.8} Pt _{0.14} Mn _{0.03} Cr _{0.03}	Co ₇₅ Fe ₂₅	Co ₅₀ Pd ₅₀
		350	16.5						
155	c)	r.t.	13.1						
		260	17.5						
		300	31.2	Ni ₅₀ Fe ₅₀	Ni ₈₀ Fe ₂₀	Co ₇₅ Fe ₂₅	(Co ₇₅ Fe ₂₅) _{99.7} Pt _{0.2} Mn _{0.05} Cr _{0.05}	Co ₇₅ Fe ₂₅	Co ₅₀ Pd ₅₀
		350	27.6						
156	c)	r.t.	25.8						
		260	18.2						
		300	32.9	Ni ₅₀ Fe ₅₀	Ni ₈₀ Fe ₂₀	Co ₇₅ Fe ₂₅	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₉₇ Pt ₂ Mn _{0.5} Cr _{0.5}	Co ₇₅ Fe ₂₅	Co ₅₀ Pd ₅₀
		350	31.3						
		400	31.1						

表 8d)-3

サンプル No.	素子タイプ*	熱処理温度(℃)	MR (%)	組成 1	組成 2	組成 3
157	c)	r. t.	17.9			
		260	30.5			
		300	31.1	Co ₅₀ Fe ₅₀	Ni ₅₀ Fe ₅₀	(Ni ₅₀ Fe ₅₀) ₈₅ Pt ₁₅
		350	32.2			
158	c)	400	32.7			
		r. t.	17.5			
		260	29.3			
		300	29.7	Co ₅₀ Fe ₅₀	Ni ₅₀ Fe ₅₀	(Ni ₅₀ Fe ₅₀) ₇₇ Pt ₂₃
159	c)	350	31.3			
		400	31.5			
		r. t.	15.6			
		260	25.4			
160	c)	300	26	Co ₅₀ Fe ₅₀	Ni ₅₀ Fe ₅₀	(Ni ₅₀ Fe ₅₀) ₄₁ Pt ₅₉
		350	27.9			
		400	26.1			
		r. t.	12.1			
		260	20.4			
		300	21.7	Co ₅₀ Fe ₅₀	Ni ₅₀ Fe ₅₀	(Ni ₅₀ Fe ₅₀) ₃₈ Pt ₆₂
		350	17.2			
		400	13.5			

表 8 d)-4

サンプル No.	素子 タイプ	熱処理 温度 (°C)	MR (%)	組成 4	組成 5	組成 6	組成 7	組成 8	組成 9
157	c)	r.t.	17.9						
		260	30.5						
		300	31.1	Ni ₅₀ Fe ₅₀	Ni ₈₀ Fe ₂₀	Co ₇₅ Fe ₂₅	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₈₅ Pt ₁₀ Mn _{2.5} Cr _{2.5}	Co ₇₅ Fe ₂₅	Co ₅₀ Pd ₅₀
		350	32.2						
158	c)	400	32.7						
		r.t.	17.5						
		260	29.3						
		300	29.7	Ni ₅₀ Fe ₅₀	Ni ₈₀ Fe ₂₀	Co ₇₅ Fe ₂₅	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₇₁ Pt ₁ Mn ₅ Cr ₅	Co ₇₅ Fe ₂₅	Co ₅₀ Pd ₅₀
159	c)	350	31.3						
		400	31.5						
		r.t.	15.6						
		260	25.4						
160	c)	300	26	Ni ₅₀ Fe ₅₀	Ni ₈₀ Fe ₂₀	Co ₇₅ Fe ₂₅	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₄₁ Pt ₃₉ Mn ₁₀ Cr ₁₀	Co ₇₅ Fe ₂₅	Co ₅₀ Pd ₅₀
		350	27.9						
		400	26.1						
		r.t.	12.1						
	c)	260	20.4						
		300	21.7	Ni ₅₀ Fe ₅₀	Ni ₈₀ Fe ₂₀	Co ₇₅ Fe ₂₅	(Co ₇₅ Fe ₂₅) ₃₃ Pt ₄₁ Mn _{10.5} Cr _{10.5}	Co ₇₅ Fe ₂₅	Co ₅₀ Pd ₅₀
		350	17.2						
		400	13.5						

表5 a) に示したサンプルには、非磁性層の界面近傍にR_eを添加した。表5 a) によると、R_eの濃度は、3～30 at%が好ましい。しかし、ここでは、Mnの拡散は抑制されていない。この原因の一つは、反強磁性層との界面付近にR_eが添加されていないためである。R_eに代えて、Ru、Os、Rh、Ir、Pd、Pt、Cu、Au等を用いても同様の傾向が得られた。また、強磁性層を上記で述べた組成に変えて同様の傾向が得られた。

表5 b) に示したサンプルでは、非磁性層の両側に別の元素が添加されている。この場合にも同様の効果が得られた。表5 b) のRuを、Tc、Re、Rh、Ir、Pd、Pt、Ag、Auに、OsをTc、Re、Rh、Ir、Pd、Pt、Cu、Auにそれぞれ変えて、同様の効果が得られた。ここでも、強磁性層を上記で述べた組成に変えたが、やはり同様の傾向が得られた。

表5 c) に示したサンプルでは、非磁性層の界面の一方にのみPt、Cuが添加されている。この場合にも同様の傾向が得られた。表の(Pt、Cu)を、Tc、Re、Rh、Ir、Pd、Pt、Ag、Au、(Ru、Ir)、(Pt、Pd)、(Pt、Au)、(Ir、Rh)、(Ru、Pd)、(Tc、Re、Ag)、(Ru、Os、Ir)、(Rh、Ir、Pt)、(Pd、Pt、Cu)、(Cu、Ag、Au)、(Re、Ru、Os)、(Ru、Rh、Pd)、(Ir、Pt、Cu)、(Re、Ir、Ag)に変えて同様の傾向が得られた。強磁性層を上記で述べた組成に変えたが、ここでも同様の傾向が得られた。

表5 d)～表8 a) にMnとPtを添加したときの結果を示す。表5 d) はMn添加0 at%に対応する。表6 a)～表8 a) は、Mnを0.2、0.5、1、2、5、8、12、19、22 at%添加したときにPtの添加量を変化させたときの結果を示したものである。

Ptが少ない領域では反強磁性層からの拡散によるMnが界面にわずかに存在するが、Pt添加により拡散が制御されていることが確認できる。

表8 b)～d) には、複数の非磁性層を有する素子についての測定結果が示

されている。非磁性層によるバリアが複数存在する場合にも、少なくとも一つの非磁性層の界面近傍の組成を制御することにより、熱処理後のMR特性を改善できる。

表9 a) に、MnおよびPtを含むサンプルにおける350°Cおよび405°Cでの熱処理後のMR変化率を、MnおよびPtにおける添加量が0であるサンプル(サンプル57)に対する比率としてまとめた。

ただし、表9 a)において、Pt量および(Pt+Mn)量は、熱処理前のサンプルにおける「組成4」における各量である。

表9 b) に、各Mn添加量においてPt添加量が0であるサンプルのMR変化率に対する各サンプルのMR変化率の比率を示す。

Pt の添加量が 0. 3 ~ 6 0 a t %、Mn の添加量が 2 0 a t %以下の範囲、特に Mn < Pt の範囲で、良い特性が得られた。Mn が 8 ~ 5 a t %以下の領域で、Mn < Pt では、Mn との同時添加によって、Pt 単独添加より特性が向上している可能性があるのがみてとれる。Mn に代えて、Cr や (Mn、Cr) を 1 : 0. 0 1 ~ 1 : 1 0 0 の比率で添加した素子においても、同様の傾向が得られた。また、Pt に代えて、表 4 a) ~ 表 5 c) で用いた元素を添加しても同様の傾向が得られた。また、表 4 で用いた強磁性層を用いても、同様の傾向が得られた。

表 4 a) ~ 表 9 b) には示していないが、さらにサンプル間の組成を有する 10 いくつかの素子も作製した。これらの素子についても、同様の傾向が見られた。

表 4 a) ~ 表 9 b) では 4 0 0 °Cまでの熱処理の結果を示したが、いくつかのサンプルについては、4 0 0 °C ~ 5 4 0 °Cの範囲において 1 0 °C刻みで熱処理を行い、MR 特性を測定した。その結果、Pt 等の添加元素 M¹ の含有量を 0. 3 ~ 6 0 a t %とした素子からは、4 5 0 °Cまでの熱処理後において、無 15 添加の素子と比較して優れた MR 特性が得られた。特に添加量を 3 ~ 3 0 a t %とすると、5 0 0 °Cまでの範囲で、無添加の素子と比較して優れた MR 特性が得られた。

M¹ とともに Mn、Cr (添加元素 M²) を同時に添加した素子でも、同様の測定を行った。その結果、M¹ の含有量が 0. 3 ~ 6 0 a t %であって M² < M¹ とした素子からは、4 5 0 °Cまでの熱処理後において、相対的に優れた MR 特性が得られた。また、M¹ の含有量が 3 ~ 3 0 a t %、M¹ の含有量が 8 a t %未満、M² < M¹ とした素子からは、無添加の素子と比較して、5 0 0 °Cまでの熱処理後において、相対的に優れた MR 特性が得られた。

なお、以上では、非磁性層に自然酸化による AlO_x を用いた結果を示した 25 が、非磁性層を、プラズマ酸化による AlO、イオンラジカル酸化による AlO、反応性蒸着による AlO、自然窒化による AlN、プラズマ窒化による Al

1 N、反応性蒸着によるAlN、プラズマ窒化または反応性蒸着によるBN、熱酸化、プラズマ酸化またはイオンラジカル酸化によるTaO、熱酸化、自然酸化またはプラズマ酸化によるAlSiO、自然酸窒化、プラズマ酸窒化または反応性スパッタによるAlONとした場合においても、同様の傾向が得られた。

また、反強磁性層として、PdPtMnに代えて、FeMn、NiMn、IrMn、PtMn、RhMn、CrMnPt、CrAl、CrRu、CrRh、CrOs、CrIr、CrPt、TbCoを用いた場合にも、同様の傾向が得られた。

また、非磁性金属として、Ru（膜厚0.7～0.9nm）に代えて、Rh（0.4～1.9nm）、Ir（0.3～1.4nm）、Cr（0.9～1.4nm）を用いた場合にも、同様の傾向が得られた。

また、素子構造についても、図示した各形態について、基本的には、同様の傾向が得られた。

15

（実施例3）

本実施例でも、実施例1、2と同様の成膜法及び加工法を用いて磁気抵抗素子を作製した。組成の測定方法は、実施例2と同様とした。

非磁性層としては、純酸素と高純度窒素との1：1混合ガスをチャンバー内に導入してAl膜を酸窒化してAlON膜（膜厚1.0～2nm）を作製した。
20 非磁性金属膜としては、Rh（1.4～1.9nm）を用いた。反強磁性層としては、PtMn（20～30nm）を用いた。

素子構造及び強磁性層は、表5d)～表8a)に示したサンプルと同様とした。ただし、本実施例では、PtおよびMnに加え、TaおよびNの添加効果
25 を測定した。

実施例2と同様、540°Cまでの熱処理後の特性を調べたが、ここでは特徴

的な350°Cと400°Cの測定結果を示す。本実施例では、磁気特性として自由層の保磁力を測定した。それぞれの界面の添加組成に対する自由層の保磁力を、表10～22に示す。

表中、保磁力を記載していないものは磁気特性を測定できなかった。軟磁気5特性はTa、Nの添加により向上した。しかし、非磁性添加物が約70at%以上となると磁気特性が測定できなかった。

表10、11、12、15、16、19、20のサンプルでは、熱処理後のMR特性は、Ta、Nを添加しない素子と比較して、±10%以内となった。これに対し、表13、17、21のサンプルでは10～20%程度MR特性が10劣化し、表14、18、22のサンプルでは50～60%程度MR特性が劣化した。

なお、Taに代えて、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Mo、W、Al、Si、Ga、Ge、In、Snを用いても同様の傾向が得られた。また、Nに代えて、B、C、Oを用いても同様の傾向が得られた。

15

(実施例4)

本実施例でも、実施例1、2と同様の成膜法及び加工法を用いて磁気抵抗素子を作製した。組成の測定方法は、実施例2と同様とした。

非磁性層としては、Oのイオンラジカル源でAl膜を酸化して作製したAl20Ox（膜厚1.0～2nm）を用いた。非磁性金属層としては、Ir（1.2～1.4nm）を用いた。反強磁性層としては、NiMn（30～40nm）を用いた。

素子構造及び強磁性層は、表4～表8に示したサンプルと同様とした。ただし、本実施例では、Pt、Pr、Auを添加し、それぞれの熱処理後のMR特性と、固溶状態が安定かを調べた。

固溶状態の判定のために、まず、350°C、400°C、450°C、500°C

の各温度で熱処理した素子における非磁性層の界面の組成を、AESデプスプロファイル、SIMS、ミリング後のXPS分析等を用いて決定した。次いで、該当する組成の合金サンプルを別途作製し、350°C、400°C、450°C、500°Cで24時間減圧雰囲気(10^{-5} Pa)で熱処理した。この合金サンプルの表面を化学エッティングした後、金属顕微鏡による組織観察を行った。また、エッティングの後、さらに減圧雰囲気中でイオンミリングし、走査型電子顕微鏡(SEM)による組織観察と、EDXによる面内組成分析を行った。そして、これらの測定結果から、単一の相状態になっているかを評価した。

熱処理温度および組成において対応する合金サンプルについて、組成分布および複数の相が観察された場合、その合金サンプルに対応する素子の熱処理後のMR特性は、M¹等を添加しない素子と比較して、30～100%程度向上した。一方、合金サンプルが単相状態を示した場合、その合金サンプルに対応する素子の熱処理後のMR特性は、添加元素がない素子と比較して、80～200%程度向上した。また、単相状態が安定な合金に対応する素子において、熱処理後のMR特性はより良好となった。

(実施例5)

実施例2の表4d)、5a)、5b)、5c)、5d)のサンプルにおいて、熱処理後に観察されたMnの拡散効果を、反強磁性層／強磁性層の界面と強磁性層／非磁性層の界面との距離と、熱処理温度とを適宜変更することにより制御した。ただし、熱処理温度は300°C以上とした。この制御は、熱処理後に非磁性層の界面におけるMnを20～0.5at%の範囲とすることを目標に行った。その結果、上記距離が3nm未満では、Pt等の元素を添加しても、熱処理後には磁性元素(Fe, Co, Ni)の含有量が40at%以下となり、その結果、MR特性も著しく劣化した。一方、上記距離が50nmを上回る場合には、界面におけるMnの含有量を0.5at%増加させるためだけにでも

400°C以上の温度を要した。また、上記距離が長すぎるため、反強磁性層による強磁性層の磁化方向の固定効果が十分に得られず、熱処理後のMR特性が著しく劣化した。

表9a)

Mn量		1	2	3	4	5	6	7	8
0	Pt量	0	0.2	0.3	3	15	29	59	62
	Pt+Mn量	0	0.2	0.3	3	15	29	59	62
0.2	350°C	1	1.02	1.44	1.52	1.61	1.54	1.46	0.98
	400°C	1	1.02	1.92	1.99	2.45	2.21	1.95	1.05
0.5	Pt量	0	0.2	0.3	2.8	14.8	28.8	58.8	61.8
	Pt+Mn量	0.2	0.4	0.5	3	15	29	59	62
0.5	350°C	1	1.03	1.56	1.78	1.81	1.68	1.51	0.99
	400°C	1	1.03	2.21	2.43	2.62	2.51	2.27	1.06
1	Pt量	0	0.2	0.3	2.5	14.5	28.5	58.5	61.5
	Pt+Mn量	0.5	0.7	0.8	3	15	29	59	62
1	350°C	1	1.01	1.46	1.77	1.97	1.9	1.74	1
	400°C	1	1.01	1.98	2.42	2.73	2.71	2.5	1.06
2	Pt量	0	0.2	0.3	2	14	28	58	61
	Pt+Mn量	2	2.2	2.3	4	15	29	59	62
2	350°C	1	1.01	1.44	1.76	2.07	1.96	1.84	1.04
	400°C	1	1.01	1.91	2.4	2.9	2.81	2.61	1.1
5	Pt量	0	0.2	0.3	2	13	27	57	60
	Pt+Mn量	5	5.2	5.3	7	15	29	59	62
5	350°C	1	1.01	1.43	1.7	2.16	1.98	1.86	1.05
	400°C	1	1.01	1.89	2.21	3.04	2.92	2.73	1.11
8	Pt量	0	0.2	0.3	2	7	21	51	54
	Pt+Mn量	8	8.2	8.3	10	15	29	59	62
8	350°C	1	1.01	1.39	1.6	1.8	1.69	1.59	1.02
	400°C	1	1.01	1.8	2.09	2.6	2.38	2.27	1.07
12	Pt量	0	0.2	0.3	2	7	17	47	50
	Pt+Mn量	12	12.2	12.3	14	19	29	59	62
12	350°C	1	1.01	1.38	1.51	1.6	1.58	1.47	1
	400°C	1	1.01	1.77	2	2.2	2.17	2	1.02
19	Pt量	0	0.2	0.3	2	7	10	40	43
	Pt+Mn量	19	19.2	19.3	21	26	29	59	62
19	350°C	1	1	1.36	1.41	1.52	1.44	1.33	0.94
	400°C	1	1	1.71	1.8	1.95	1.87	1.71	0.99
22	Pt量	0	0.2	0.3	2	7	10	37	40
	Pt+Mn量	22	22.2	22.3	24	29	32	59	62
22	350°C	1	0.99	1.1	1.11	1.13	1.1	1.01	0.86
	400°C	1	0.99	1.16	1.19	1.21	1.2	0.99	1.01

表9b)

Mn 量		1	2	3	4	5	6	7	8	
表 5d)	0	Pt 量	0	0.2	0.3	3	15	29	59	62
		Pt+Mn 量	0	0.2	0.3	3	15	29	59	62
表 6a)	0.2	350°C	1	1.02	1.44	1.52	1.61	1.54	1.46	0.98
		400°C	1	1.02	1.92	1.99	2.45	2.21	1.95	1.05
表 6b)	0.5	Pt 量	0	0.2	0.3	2.8	14.8	28.8	58.8	61.8
		Pt+Mn 量	0.2	0.4	0.5	3	15	29	59	62
表 6c)	1	350°C	1	1.03	1.56	1.78	1.81	1.68	1.51	0.99
		400°C	1	1.03	2.21	2.43	2.62	2.51	2.27	1.06
表 6d)	2	Pt 量	0	0.2	0.3	2	14	28	58	61
		Pt+Mn 量	1	1.2	1.3	3	15	29	59	62
表 7a)	5	350°C	1	1.01	1.45	1.76	2.07	1.96	1.84	1.04
		400°C	1	1.01	1.98	2.42	2.73	2.71	2.5	1.06
表 7b)	8	Pt 量	0	0.2	0.3	2	13	27	57	60
		Pt+Mn 量	2	2.2	2.3	4	15	29	59	62
表 7c)	12	350°C	1	1.01	1.44	1.76	2.17	2.06	1.98	1.06
		400°C	1	1.01	1.9	2.39	3.13	2.98	2.81	1.12
表 7d)	19	Pt 量	0	0.2	0.3	2	10	24	54	57
		Pt+Mn 量	5	5.2	5.3	7	15	29	59	62
表 8a)	22	350°C	1	1.01	1.43	1.7	2.16	1.98	1.86	1.05
		400°C	1	1.01	1.89	2.21	3.04	2.92	2.73	1.11
表 8b)	8	Pt 量	0	0.2	0.3	2	7	21	51	54
		Pt+Mn 量	8	8.2	8.3	10	15	29	59	62
表 8c)	12	350°C	1	1.01	1.39	1.6	1.8	1.69	1.59	1.02
		400°C	1	1.01	1.8	2.09	2.6	2.38	2.27	1.07
表 8d)	19	Pt 量	0	0.2	0.3	2	7	17	47	50
		Pt+Mn 量	12	12.2	12.3	14	19	29	59	62
表 8e)	22	350°C	1	1.01	1.38	1.51	1.6	1.58	1.47	1
		400°C	1	1.01	1.77	2	2.2	2.17	2	1.02
表 8f)	19	Pt 量	0	0.2	0.3	2	7	10	40	43
		Pt+Mn 量	19	19.2	19.3	21	26	29	59	62
表 8g)	22	350°C	1	1	1.36	1.41	1.52	1.44	1.33	0.94
		400°C	1	1	1.71	1.8	1.95	1.87	1.71	0.99
表 8h)	22	Pt 量	0	0.2	0.3	2	7	10	37	40
		Pt+Mn 量	22	22.2	22.3	24	29	32	59	62
表 8i)	22	350°C	1	0.99	1.1	1.11	1.13	1.1	1.01	0.86
		400°C	1	0.99	1.16	1.19	1.21	1.2	0.99	1.01

表10 (Ta=0, N=0)

Mn 量									
0	Pt 量 添加元素総量	0	0.2	0.3	3	15	29	59	62
	0	0.2	0.3	3	15	29	59	59	62
	350°C	98	98	99	113	127	147	196	196
0.5	400°C	88	88	89	101	115	132	176	176
	Pt 量 添加元素総量	0	0.2	0.3	2.5	14.5	28.5	58.5	61.5
	0.5	0.7	0.8	3	15	29	59	59	62
1	350°C	97	97	98	112	126	146	194	194
	400°C	87	87	88	100	114	131	175	175
	Pt 量 添加元素総量	0	0.2	0.3	2	14	28	58	61
5	1	1.2	1.3	3	15	29	59	59	62
	350°C	93	93	94	107	121	140	186	186
	400°C	84	84	85	96	109	126	168	168
8	Pt 量 添加元素総量	0	0.2	0.3	2	10	24	54	57
	5	5.2	5.3	7	15	29	59	59	62
	350°C	88	88	89	101	115	132	176	176
19	400°C	79	79	80	91	103	119	159	159
	Pt 量 添加元素総量	0	0.2	0.3	2	7	21	51	54
	8	8.2	8.3	10	15	29	59	59	62
22	350°C	93	93	94	107	121	140	186	186
	400°C	84	84	85	96	109	126	168	168
	Pt 量 添加元素総量	0	0.2	0.3	2	7	10	40	43
22	19	19.2	19.3	21	26	29	59	59	62
	350°C	96	96	97	110	125	144	192	192
	400°C	86	86	87	99	112	130	173	173
22	Pt 量 添加元素総量	0	0.2	0.3	2	7	10	37	40
	22	22.2	22.3	24	29	32	59	59	62
	350°C	100	100	101	115	130	150	200	200
22	400°C	90	90	91	103	117	135	180	180

表11 (Ta=1, N=0)

Mn 量		Pt 量	0	0.2	0.3	3	15	29	59	62
		添加元素総量	1	1.2	1.3	4	16	30	60	63
0	350°C		99	99	100	114	129	149	198	198
	400°C		89	89	90	102	116	134	178	178
0.5	Pt 量	0	0.2	0.3	2.5	14.5	28.5	58.5	61.5	
	添加元素総量	1.5	1.7	1.8	4	16	30	60	63	
0.5	350°C		98	98	99	113	127	147	196	196
	400°C		88	88	89	101	115	132	176	176
1	Pt 量	0	0.2	0.3	2	14	28	58	61	
	添加元素総量	2	2.2	2.3	4	16	30	60	63	
1	350°C		94	94	95	108	122	141	188	188
	400°C		85	85	85	97	110	127	169	169
5	Pt 量	0	0.2	0.3	2	10	24	54	57	
	添加元素総量	6	6.2	6.3	8	16	30	60	63	
5	350°C		89	89	90	102	116	134	178	178
	400°C		80	80	81	92	104	120	160	160
8	Pt 量	0	0.2	0.3	2	7	21	51	54	
	添加元素総量	9	9.2	9.3	11	16	30	60	63	
8	350°C		94	94	95	108	122	141	188	188
	400°C		85	85	85	97	110	127	169	169
19	Pt 量	0	0.2	0.3	2	7	10	40	43	
	添加元素総量	20	20.2	20.3	22	27	30	60	63	
19	350°C		97	97	98	112	126	146	194	194
	400°C		87	87	88	100	114	131	175	175
22	Pt 量	0	0.2	0.3	2	7	10	37	40	
	添加元素総量	23	23.2	23.3	25	30	33	60	63	
22	350°C		101	101	102	116	131	151	202	202
	400°C		91	91	92	105	118	136	182	182

表 12 (Ta=15, N=0)

Mn 量		Pt 量	0	0.2	0.3	3	15	29	59	62
0	添加元素総量	15	15.2	15.3	18	30	44	74	77	
	350°C	58	58	59	67	75	87	—	—	
	400°C	52	52	53	60	68	78	—	—	
0.5	添加元素総量	0	0.2	0.3	2.5	14.5	28.5	58.5	61.5	
	350°C	15.5	15.7	15.8	18	30	44	74	77	
	400°C	57	57	58	66	75	86	—	—	
1	添加元素総量	15.5	15.7	15.8	18	30	44	74	77	
	350°C	52	52	52	59	67	78	—	—	
	400°C	50	50	50	57	64	74	—	—	
5	添加元素総量	0	0.2	0.3	2	10	24	54	57	
	350°C	20	20.2	20.3	22	30	44	74	77	
	400°C	52	52	53	60	68	78	—	—	
8	添加元素総量	20	20.2	20.3	22	30	44	74	77	
	350°C	50	50	50	57	64	74	—	—	
	400°C	55	55	56	63	72	83	—	—	
19	添加元素総量	0	0.2	0.3	2	7	21	51	54	
	350°C	34	34.2	34.3	36	41	44	74	77	
	400°C	57	57	57	65	74	85	—	—	
22	添加元素総量	34	34.2	34.3	36	41	44	74	77	
	350°C	51	51	52	59	67	77	—	—	
	400°C	59	59	60	68	77	89	—	—	

表13 (Ta=29, N=0)

Mn 量									
Pt 量 添加元素總量	0	0.2	0.3	3	15	29	59	62	
	29	29.2	29.3	32	44	58	88	91	
	350°C	22	22	25	29	33	—	—	
0.5	400°C	20	20	23	26	30	—	—	
	Pt 量 添加元素總量	0 29.5	0.2 29.7	0.3 29.8	2.5 32	14.5 44	28.5 58	58.5 88	61.5 91
	350°C	22	22	25	28	33	—	—	
1	400°C	20	20	23	25	29	—	—	
	Pt 量 添加元素總量	0 30	0.2 30.2	0.3 30.3	2 32	14 44	28 58	58 88	61 91
	350°C	21	21	21	24	27	31	—	—
5	400°C	19	19	19	22	24	28	—	—
	Pt 量 添加元素總量	0 34	0.2 34.2	0.3 34.3	2 36	10 44	24 58	54 88	57 91
	350°C	20	20	20	23	26	30	—	—
8	400°C	18	18	18	20	23	27	—	—
	Pt 量 添加元素總量	0 37	0.2 37.2	0.3 37.3	2 39	7 44	21 58	51 88	54 91
	350°C	21	21	21	24	27	31	—	—
19	400°C	19	19	19	22	24	28	—	—
	Pt 量 添加元素總量	0 48	0.2 48.2	0.3 48.3	2 50	7 55	10 58	40 88	43 91
	350°C	22	22	22	25	28	32	—	—
22	400°C	19	19	20	22	25	29	—	—
	Pt 量 添加元素總量	0 51	0.2 51.2	0.3 51.3	2 53	7 58	10 61	37 88	40 91
	350°C	22	22	23	26	29	34	—	—
	400°C	20	20	20	23	26	30	—	—

表14 (Ta=31, N=0)

Mn量									
Pt量 添加元素総量	0	0.2	0.3	3	15	29	59	62	
	31	31.2	31.3	34	46	60	90	93	
	350°C	18	18	18	21	23	27	—	—
0.5	400°C	16	16	16	19	21	24	—	—
	Pt量 添加元素総量	0 31.5	0.2 31.7	0.3 31.8	2.5 34	14.5 46	28.5 60	58.5 90	61.5 93
	350°C	18	18	18	20	23	27	—	—
1	400°C	16	16	16	18	21	24	—	—
	Pt量 添加元素総量	0 32	0.2 322	0.3 32.3	2 34	14 46	28 60	58 90	61 93
	350°C	17	17	17	20	22	26	—	—
5	400°C	15	15	16	18	20	23	—	—
	Pt量 添加元素総量	0 36	0.2 36.2	0.3 36.3	2 38	10 46	24 60	54 90	57 93
	350°C	16	16	16	19	21	24	—	—
8	400°C	15	15	15	17	19	22	—	—
	Pt量 添加元素総量	0 39	0.2 39.2	0.3 39.3	2 41	7 46	21 60	51 90	54 93
	350°C	17	17	17	20	22	26	—	—
19	400°C	15	15	16	18	20	23	—	—
	Pt量 添加元素総量	0 50	0.2 50.2	0.3 50.3	2 52	7 57	10 60	40 90	43 93
	350°C	18	18	18	20	23	26	—	—
22	400°C	16	16	16	18	21	24	—	—
	Pt量 添加元素総量	0 53	0.2 53.2	0.3 53.3	2 55	7 60	10 63	37 90	40 93
	350°C	18	18	19	21	24	28	—	—
	400°C	17	17	17	19	21	25	—	—

表15 (Ta=O, N=1)

Mn 量									
0	Pt 量 添加元素総量	0 1	0.2 1.2	0.3 1.3	3 4	15 16	29 30	59 60	62 63
	350°C	101	101	102	116	131	152	202	202
	400°C	91	91	92	105	118	136	182	182
0.5	Pt 量 添加元素総量	0 1.5	0.2 1.7	0.3 1.8	2.5 4	14.5 16	28.5 30	58.5 60	61.5 63
	350°C	100	100	101	115	130	150	200	200
	400°C	90	90	91	103	117	135	180	180
1	Pt 量 添加元素総量	0 2	0.2 2.2	0.3 2.3	2 4	14 16	28 30	58 60	61 63
	350°C	96	96	97	110	125	144	192	192
	400°C	86	86	87	99	112	130	173	173
5	Pt 量 添加元素総量	0 6	0.2 62	0.3 6.3	2 8	10 16	24 30	54 60	57 63
	350°C	91	91	92	105	118	136	182	182
	400°C	82	82	83	94	106	123	164	164
8	Pt 量 添加元素総量	0 9	0.2 9.2	0.3 9.3	2 11	7 16	21 30	51 60	54 63
	350°C	96	96	97	110	125	144	192	192
	400°C	86	86	87	99	112	130	173	173
19	Pt 量 添加元素総量	0 20	0.2 20.2	0.3 20.3	2 22	7 27	10 30	40 60	43 63
	350°C	99	99	100	114	129	148	198	198
	400°C	89	89	90	102	116	134	178	178
22	Pt 量 添加元素総量	0 23	0.2 23.2	0.3 23.3	2 25	7 30	10 33	37 60	40 63
	350°C	103	103	104	118	134	155	206	206
	400°C	93	93	94	107	121	139	185	185

表 16 (Ta=0, N=10)

Mn 量									
Pt 量 添加元素総量	0	0.2	0.3	3	15	29	59	62	
	10	10.2	10.3	13	25	39	69	72	
	350°C	62	62	63	71	81	93	—	—
0.5	400°C	56	56	56	64	73	84	—	—
	Pt 量 添加元素総量	0 10.5	0.2 10.7	0.3 10.8	2.5 13	14.5 25	28.5 39	58.5 69	61.5 72
	350°C	61	61	62	71	80	92	—	—
1	400°C	55	55	56	64	72	83	—	—
	Pt 量 添加元素総量	0 11	0.2 11.2	0.3 11.3	2 13	14 25	28 39	58 69	61 72
	350°C	59	59	59	68	77	88	—	—
5	400°C	53	53	54	61	69	80	—	—
	Pt 量 添加元素総量	0 15	0.2 15.2	0.3 15.3	2 17	10 25	24 39	54 69	57 72
	350°C	56	56	56	64	73	84	—	—
8	400°C	50	50	51	58	65	75	—	—
	Pt 量 添加元素総量	0 18	0.2 18.2	0.3 18.3	2 20	7 25	21 39	51 69	54 72
	350°C	59	59	59	68	77	88	—	—
19	400°C	53	53	54	61	69	80	—	—
	Pt 量 添加元素総量	0 29	0.2 29.2	0.3 29.3	2 31	7 36	10 39	40 69	43 72
	350°C	61	61	61	70	79	91	—	—
22	400°C	55	55	55	63	71	82	—	—
	Pt 量 添加元素総量	0 32	0.2 32.2	0.3 32.3	2 34	7 39	10 42	37 69	40 72
	350°C	63	63	64	73	82	95	—	—
	400°C	57	57	57	65	74	85	—	—

表 17 (Ta=0, N=19)

Mn 量									
0	Pt 量 添加元素総量	0 19	0.2 19.2	0.3 19.3	3 22	15 34	29 48	59 78	62 81
	350°C	25	25	25	29	33	38	—	—
	400°C	23	23	23	26	29	34	—	—
0.5	Pt 量 添加元素総量	0 19.5	0.2 19.7	0.3 19.8	2.5 22	14.5 34	28.5 48	58.5 78	61.5 81
	350°C	25	25	25	28	32	37	—	—
	400°C	22	22	22	26	29	33	—	—
1	Pt 量 添加元素総量	0 20	0.2 20.2	0.3 20.3	2 22	14 34	28 48	58 78	61 81
	350°C	24	24	24	27	31	36	—	—
	400°C	21	21	22	25	28	32	—	—
5	Pt 量 添加元素総量	0 24	0.2 24.2	0.3 24.3	2 26	10 34	24 48	54 78	57 81
	350°C	23	23	23	26	29	34	—	—
	400°C	20	20	20	23	26	30	—	—
8	Pt 量 添加元素総量	0 27	0.2 27.2	0.3 27.3	2 29	7 34	21 48	51 78	54 81
	350°C	24	24	24	27	31	36	—	—
	400°C	21	21	22	25	28	32	—	—
19	Pt 量 添加元素総量	0 38	0.2 38.2	0.3 38.3	2 40	7 45	10 48	40 78	43 81
	350°C	25	25	25	28	32	37	—	—
	400°C	22	22	22	25	29	33	—	—
22	Pt 量 添加元素総量	0 41	0.2 41.2	0.3 41.3	2 43	7 48	10 51	37 78	40 81
	350°C	26	26	26	29	33	38	—	—
	400°C	23	23	23	26	30	34	—	—

表18 (Ta=0, N=21)

Mn 量									
0	Pt 量 添加元素総量	0 21	0.2 21.2	0.3 21.3	3 24	15 36	29 50	59 80	62 83
	350°C	21	21	21	24	27	32	—	—
	400°C	19	19	19	22	25	28	—	—
0.5	Pt 量 添加元素総量	0 21.5	0.2 21.7	0.3 21.8	2.5 24	14.5 36	28.5 50	58.5 80	61.5 83
	350°C	21	21	21	24	27	31	—	—
	400°C	19	19	19	22	24	28	—	—
1	Pt 量 添加元素総量	0 22	0.2 22.2	0.3 22.3	2 24	14 36	28 50	58 80	61 83
	350°C	20	20	20	23	26	30	—	—
	400°C	18	18	18	21	23	27	—	—
5	Pt 量 添加元素総量	0 26	0.2 26.2	0.3 26.3	2 28	10 36	24 50	54 80	57 83
	350°C	19	19	19	22	25	28	—	—
	400°C	17	17	17	20	22	26	—	—
8	Pt 量 添加元素総量	0 29	0.2 29.2	0.3 29.3	2 31	7 36	21 50	51 80	54 83
	350°C	20	20	20	23	26	30	—	—
	400°C	18	18	18	21	23	27	—	—
19	Pt 量 添加元素総量	0 40	0.2 40.2	0.3 40.3	2 42	7 47	10 50	40 80	43 83
	350°C	21	21	21	24	27	31	—	—
	400°C	19	19	19	21	24	28	—	—
22	Pt 量 添加元素総量	0 43	0.2 43.2	0.3 43.3	2 45	7 50	10 53	37 80	40 83
	350°C	21	21	22	25	28	32	—	—
	400°C	19	19	19	22	25	29	—	—

表19 (Ta=3, N=2)

Mn 量		Pt 量 添加元素総量		0	0.2	0.3	3	15	29	59	62
		5	5.2	5.3	8	20	34	64	67		
0	350°C	79	79	80	91	103	119	158	158		
	400°C	71	71	72	82	92	107	142	142		
0.5	Pt 量 添加元素総量	0 5.5	0.2 5.7	0.3 5.8	2.5 8	14.5 20	28.5 34	58.5 64	61.5 67		
	350°C	78	78	79	90	102	117	156	156		
1	400°C	70	70	71	81	92	106	141	141		
	Pt 量 添加元素総量	0 6	0.2 6.2	0.3 6.3	2 8	14 20	28 34	58 64	61 67		
1	350°C	75	75	76	86	98	113	150	150		
	400°C	68	68	68	78	88	101	135	135		
5	Pt 量 添加元素総量	0 10	0.2 10.2	0.3 10.3	2 12	10 20	24 34	54 64	57 67		
	350°C	71	71	72	82	92	107	142	142		
8	400°C	64	64	65	74	83	96	128	128		
8	Pt 量 添加元素総量	0 13	0.2 13.2	0.3 13.3	2 15	7 20	21 34	51 64	54 67		
	350°C	75	75	76	86	98	113	150	150		
19	400°C	68	68	68	78	88	101	135	135		
19	Pt 量 添加元素総量	0 24	0.2 24.2	0.3 24.3	2 26	7 31	10 34	40 64	43 67		
	350°C	77	77	78	89	101	116	155	155		
22	400°C	70	70	70	80	91	105	139	139		
22	Pt 量 添加元素総量	0 27	0.2 27.2	0.3 27.3	2 29	7 34	10 37	37 64	40 67		
	350°C	81	81	81	93	105	121	161	161		
	400°C	73	73	73	83	94	109	145	145		

表 20 ($T_a=14$, $N=7$)

Mn 量		0	0.2	0.3	3	15	29	59	62
	Pt 量 添加元素総量	21	21.2	21.3	24	36	50	80	83
0	350°C	38	38	38	44	49	57	—	—
	400°C	34	34	35	39	44	51	—	—
	Pt 量 添加元素総量	0 21.5	0.2 21.7	0.3 21.8	2.5 24	14.5 36	28.5 50	58.5 80	61.5 83
0.5	350°C	38	38	38	43	49	56	—	—
	400°C	34	34	34	39	44	51	—	—
	Pt 量 添加元素総量	0 22	0.2 22.2	0.3 22.3	2 24	14 36	28 50	58 80	61 83
1	350°C	36	36	36	42	47	54	—	—
	400°C	32	32	33	37	42	49	—	—
	Pt 量 添加元素総量	0 26	0.2 26.2	0.3 26.3	2 28	10 36	24 50	54 80	57 83
5	350°C	34	34	35	39	44	51	—	—
	400°C	31	31	31	35	40	46	—	—
	Pt 量 添加元素総量	0 29	0.2 29.2	0.3 29.3	2 31	7 36	21 50	51 80	54 83
8	350°C	36	36	36	42	47	54	—	—
	400°C	32	32	33	37	42	49	—	—
	Pt 量 添加元素総量	0 40	0.2 40.2	0.3 40.3	2 42	7 47	10 50	40 80	43 83
19	350°C	37	37	38	43	48	56	—	—
	400°C	34	34	34	39	44	50	—	—
	Pt 量 添加元素総量	0 43	0.2 43.2	0.3 43.3	2 45	7 50	10 53	37 80	40 83
22	350°C	39	39	39	45	50	58	—	—
	400°C	35	35	35	40	45	52	—	—

表21 (Ta=29, N=19)

Mn量		Pt量 添加元素総量	0	0.2	0.3	3	15	29	59	62
		48	48.2	48.3	51	63	77	107	110	
0	350°C	5	5	5	6	7	—	—	—	
	400°C	5	5	5	5	6	—	—	—	
0.5	Pt量 添加元素総量	0 48.5	0.2 48.7	0.3 48.8	2.5 51	14.5 63	28.5 77	58.5 107	61.5 110	
	350°C	5	5	5	6	6	—	—	—	
1	400°C	4	4	4	5	6	—	—	—	
	Pt量 添加元素総量	0 49	0.2 49.2	0.3 49.3	2 51	14 63	28 77	58 107	61 110	
1	350°C	5	5	5	5	6	—	—	—	
	400°C	4	4	4	5	6	—	—	—	
5	Pt量 添加元素総量	0 53	0.2 53.2	0.3 53.3	2 55	10 63	24 77	54 107	57 110	
	350°C	5	5	5	5	6	—	—	—	
	400°C	4	4	4	5	5	—	—	—	
8	Pt量 添加元素総量	0 56	0.2 56.2	0.3 56.3	2 58	7 63	21 77	51 107	54 110	
	350°C	5	5	5	5	6	—	—	—	
	400°C	4	4	4	5	6	—	—	—	
19	Pt量 添加元素総量	0 67	0.2 67.2	0.3 67.3	2 69	7 74	10 77	40 107	43 110	
	350°C	5	5	5	6	—	—	—	—	
	400°C	4	4	4	5	—	—	—	—	
22	Pt量 添加元素総量	0 70	0.2 70.2	0.3 70.3	2 72	7 77	10 80	37 107	40 110	
	350°C	5	5	5	—	—	—	—	—	
	400°C	5	5	5	—	—	—	—	—	

表 22 (Ta=31, N=21)

Mn 量									
0	Pt 量 添加元素総量	0	0.2	0.3	3	15	29	59	62
	52	52.2	52.3	55	67	81	111	114	
	350°C	5	5	5	5	6	—	—	—
0.5	400°C	4	4	4	5	5	—	—	—
	Pt 量 添加元素総量	0	0.2	0.3	2.5	14.5	28.5	58.5	61.5
	52.5	52.7	52.8	55	67	81	111	114	
1	350°C	4	4	4	5	6	—	—	—
	400°C	4	4	4	5	5	—	—	—
	Pt 量 添加元素総量	0	0.2	0.3	2	14	28	58	61
5	53	53.2	53.3	55	67	81	111	114	
	350°C	4	4	4	5	6	—	—	—
	400°C	4	4	4	4	5	—	—	—
8	Pt 量 添加元素総量	0	0.2	0.3	2	10	24	54	57
	60	60.2	60.3	59	67	81	111	114	
	350°C	4	4	4	5	5	—	—	—
19	400°C	4	4	4	4	5	—	—	—
	Pt 量 添加元素総量	0	0.2	0.3	2	7	21	51	54
	71	71.2	71.3	73	78	81	111	114	
22	350°C	—	—	—	—	—	—	—	—
	400°C	—	—	—	—	—	—	—	—
	Pt 量 添加元素総量	0	0.2	0.3	2	7	10	37	40
	74	74.2	74.3	76	81	84	111	114	
	350°C	—	—	—	—	—	—	—	—
	400°C	—	—	—	—	—	—	—	—

請求の範囲

1. 基板と前記基板上に形成された多層膜を含み、前記多層膜が一対の強磁性層と前記一対の強磁性層の間に挟持された非磁性層とを含み、前記一対の強磁性層における磁化方向がなす相対角度により抵抗値が異なる磁気抵抗素子であって、
5 前記基板および前記多層膜を 330 °C以上で熱処理する工程を含む方法により製造され、

前記非磁性層を厚さ方向に等分に分割するように定めた中心線から、前記一
10 対の強磁性層と前記非磁性層との間の界面までの最長距離が 20 nm 以下である磁気抵抗素子。

ただし、前記最長距離は、長さを 50 nm とする 10 本の中心線ごとについて定めた上記界面までの最長距離から、最大値および最小値を除いて 8 個の最長距離を定め、さらに上記 8 個の最長距離の平均値をとって定める。
15

2. 前記基板が単結晶基板である請求項 1 に記載の磁気抵抗素子。
3. 前記非磁性層がトンネル絶縁層である請求項 1 に記載の磁気抵抗素子。
20 4. 前記多層膜が、一対の強磁性層を挟持するように配置された一対の電極をさらに含む請求項 1 に記載の磁気抵抗素子。
5. 前記最長距離が 3 nm 以下である請求項 1 に記載の磁気抵抗素子。
25 6. 前記界面の少なくとも一方から前記非磁性層と反対側に 2 nm だけ進んだ範囲における組成が、式 $(F \times C \times N)^{1/p} M^1 q M^2 r M^3 s A t$ によ

り表示される請求項 1 に記載の磁気抵抗素子。

ただし、M¹は、T c、R e、R u、O s、R h、I r、P d、P t、C u、A g およびA uから選ばれる少なくとも 1 種の元素であり、M²は、Mn およびC r から選ばれる少なくとも 1 種の元素であり、M³は、T i、Z r、H f、V、N b、T a、M o、W、A l、S i、G a、G e、I n およびS n から選ばれる少なくとも 1 種の元素であり、A は、B、C、N、O、P およびS から選ばれる少なくとも 1 種の元素であり、x、y、z、p、q、r、s およびt は、それぞれ、 $0 \leq x \leq 100$ 、 $0 \leq y \leq 100$ 、 $0 \leq z \leq 100$ 、 $x + y + z = 100$ 、 $40 \leq p \leq 99.7$ 、 $0.3 \leq q \leq 60$ 、 $0 \leq r \leq 20$ 、 $0 \leq s \leq 30$ 、 $0 \leq t \leq 20$ 、 $p + q + r + s + t = 100$ を満たす数値である。
5
10

7. $p + q + r = 100$ である請求項 6 に記載の磁気抵抗素子。

8. $p + q = 100$ である請求項 7 に記載の磁気抵抗素子。

15

9. 多層膜がさらに反強磁性層を含む請求項 1 に記載の磁気抵抗素子。

10. 非磁性層と反強磁性層との距離が 3 nm 以上 50 nm 以下である請求項 9 に記載の磁気抵抗素子。

20

11. 基板と前記基板上に形成された多層膜を含み、前記多層膜が一対の強磁性層と前記一対の強磁性層の間に挟持された非磁性層とを含み、前記一対の強磁性層における磁化方向がなす相対角度により抵抗値が異なる磁気抵抗素子であって、

25 前記基板および前記多層膜を 330 °C 以上で熱処理する工程を含む方法により製造され、

前記一対の強磁性層と非磁性層との界面の少なくとも一方から前記非磁性層と反対側に 2 nm だけ進んだ範囲における組成が、式 $(\text{Fe}_x \text{Co}_y \text{Ni}_z)_p \text{M}^1_q \text{M}^2_r \text{M}^3_s \text{At}$ により表示される磁気抵抗素子。

ただし、 M^1 は、 Tc 、 Re 、 Ru 、 Os 、 Rh 、 Ir 、 Pd 、 Pt 、 Cu 、
5 Ag および Au から選ばれる少なくとも 1 種の元素であり、 M^2 は、 Mn および Cr から選ばれる少なくとも 1 種の元素であり、 M^3 は、 Ti 、 Zr 、 Hf 、
 V 、 Nb 、 Ta 、 Mo 、 W 、 Al 、 Si 、 Ga 、 Ge 、 In および Sn から選
ばれる少なくとも 1 種の元素であり、 A は、 B 、 C 、 N 、 O 、 P および S から選
ばれる少なくとも 1 種の元素であり、 x 、 y 、 z 、 p 、 q 、 r 、 s および t
10 は、それぞれ、 $0 \leq x \leq 100$ 、 $0 \leq y \leq 100$ 、 $0 \leq z \leq 100$ 、 $x + y + z = 100$ 、 $40 \leq p \leq 99.7$ 、 $0.3 \leq q \leq 60$ 、 $0 \leq r \leq 20$ 、 $0 \leq s \leq 30$ 、 $0 \leq t \leq 20$ 、 $p + q + r + s + t = 100$ を満たす数値である。

12. 基板と前記基板上に形成された多層膜を含み、前記多層膜が一対の強磁
15 性層と前記一対の強磁性層の間に挟持された非磁性層とを含み、前記一対の強
磁性層における磁化方向がなす相対角度により抵抗値が異なる磁気抵抗素子の
製造方法であって、

前記基板上に、前記強磁性層および前記非磁性層を除く前記多層膜の一部を
下地膜として形成する工程と、

20 前記下地膜を 400°C 以上で熱処理する工程と、

前記下地膜の表面にイオンビームを照射して前記表面の粗さを低減する工程
と、

前記表面上に、前記強磁性層および前記非磁性層を含む前記多層膜の残部を
形成する工程と、

25 前記基板および前記多層膜を 330°C 以上で熱処理する工程と、を含む磁気
抵抗素子の製造方法。

13. イオンビームを下地膜の表面への入射角が 5° 以上 25° 以下となるように照射する請求項12に記載の磁気抵抗素子の製造方法。

5 14. 多層膜の一部として下部電極および上部電極を形成し、前記下部電極が前記下地膜に含まれる請求項12に記載の磁気抵抗素子の製造方法。

FIG. 1A

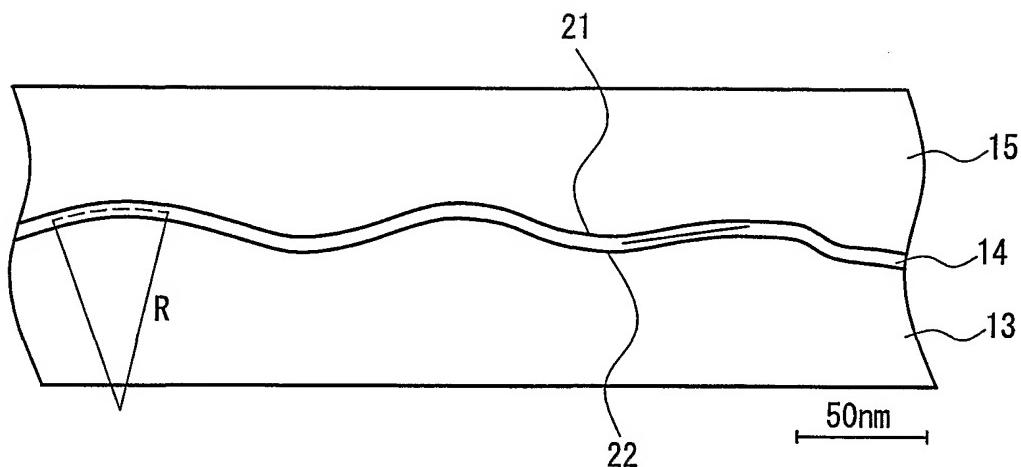


FIG. 1B

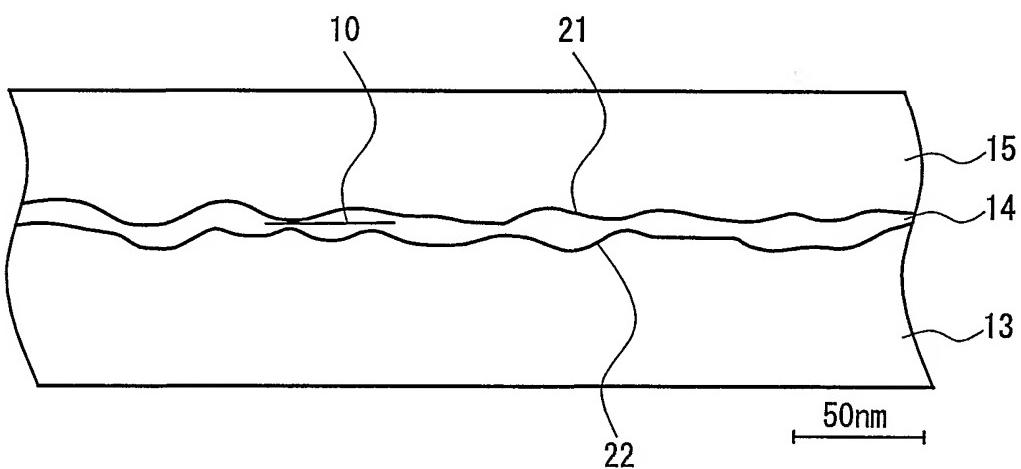
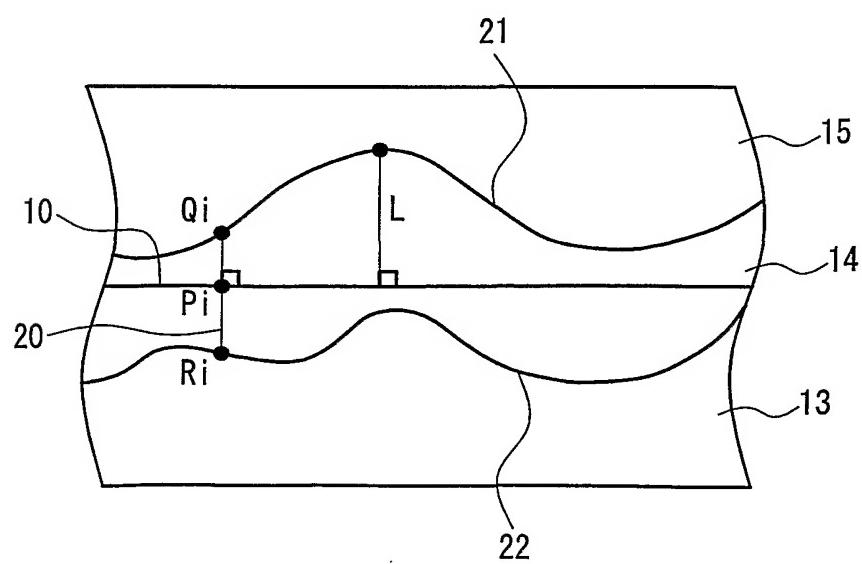


FIG. 1C



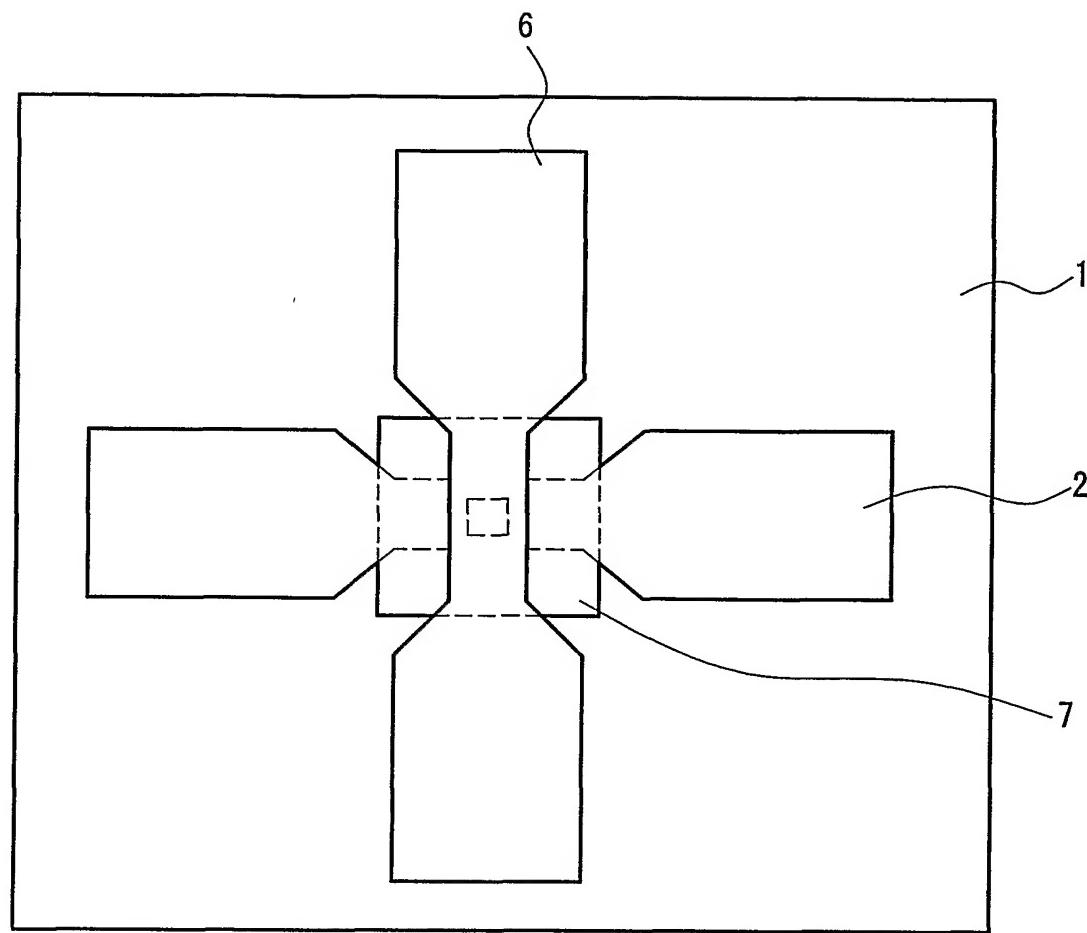


FIG. 2

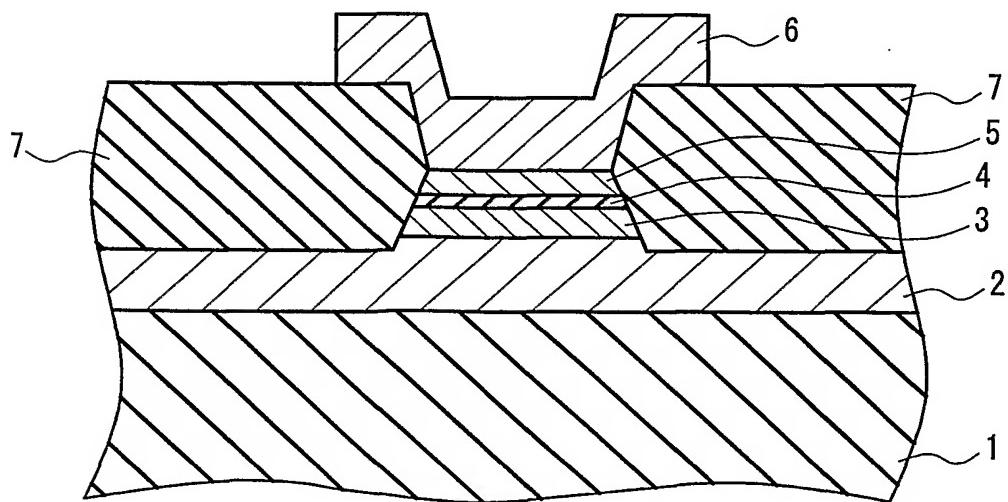


FIG. 3

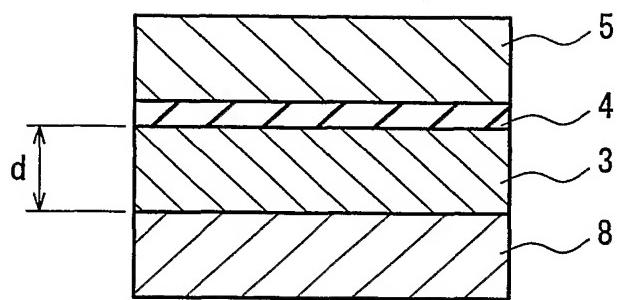


FIG. 4

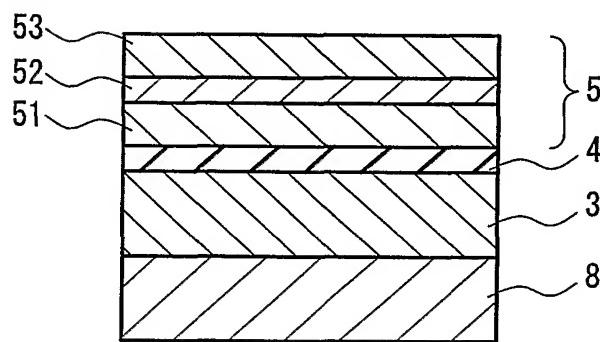


FIG. 5

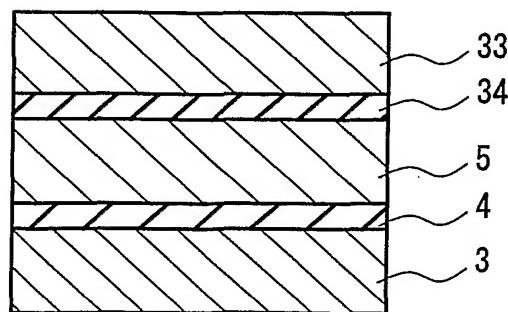


FIG. 6

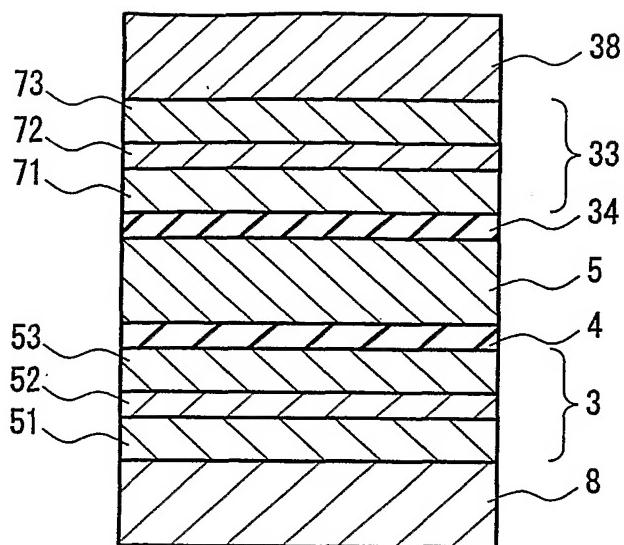


FIG. 7

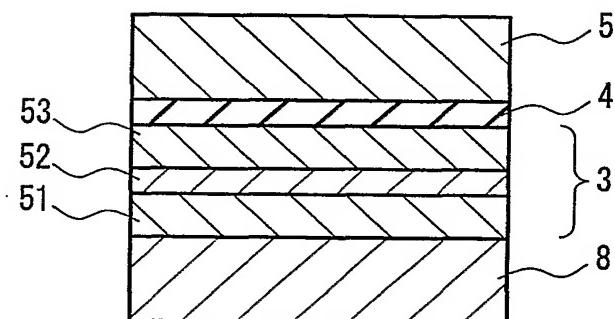


FIG. 8

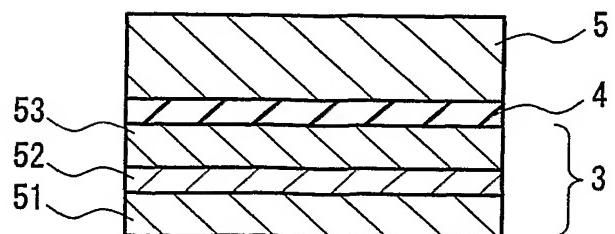


FIG. 9

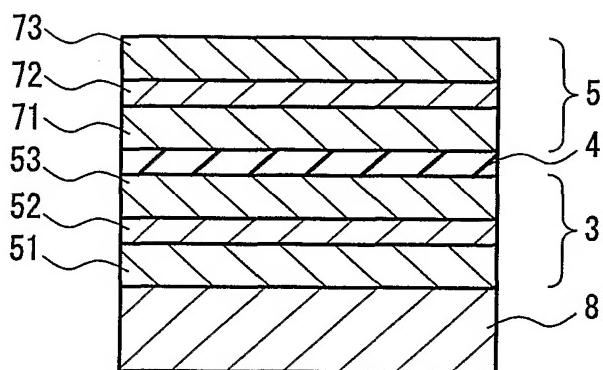


FIG. 10

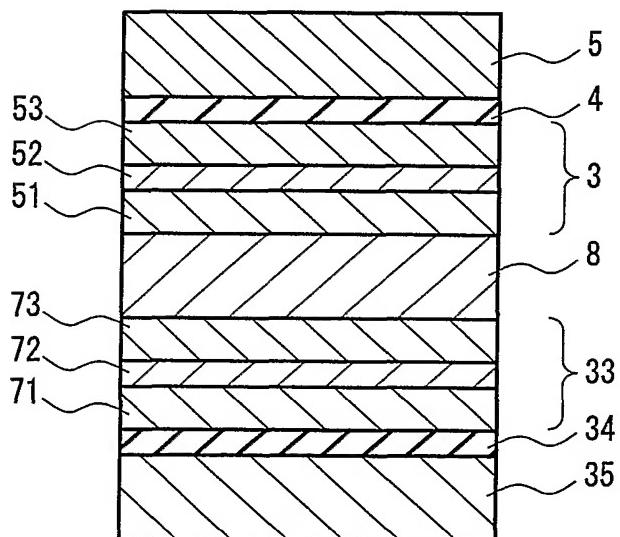


FIG. 11

FIG. 12A

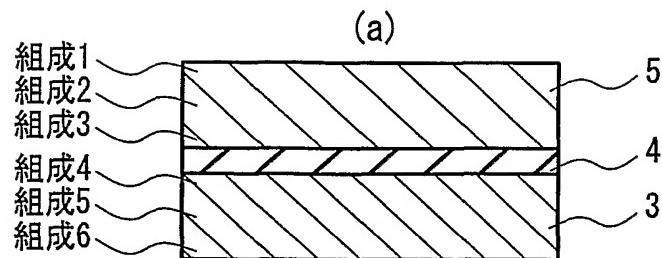


FIG. 12B

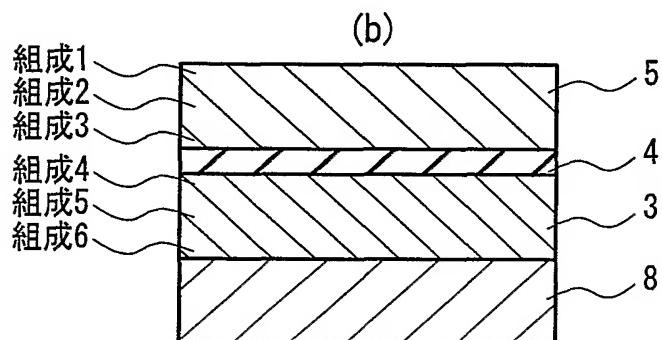


FIG. 12C

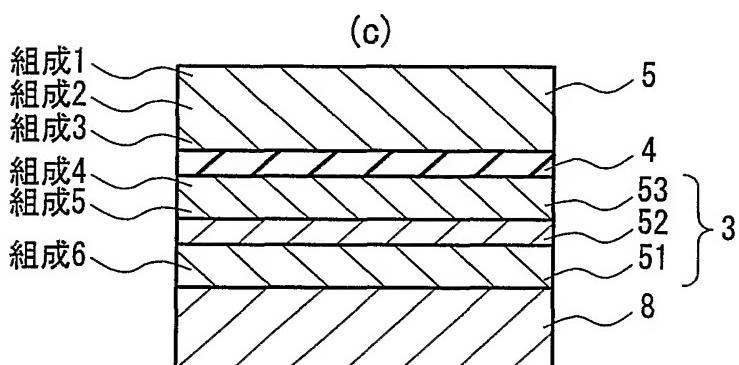
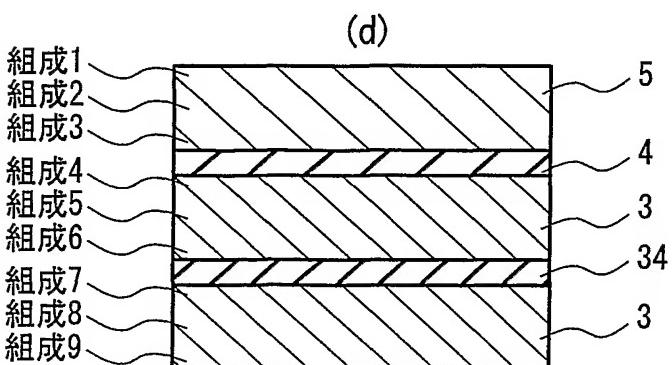


FIG. 12D



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/06344

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ H01L43/08, H01L43/12, G11B5/39, G01R33/09 H01F10/16,
H01F10/30, H01F10/32

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H01L43/08, H01L43/12, G11B5/39, G01R33/09 H01F10/16,
H01F10/30, H01F10/32

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2002
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2002	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2002

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
JICST FILE

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 9-23031 A (Alps Electric Co., Ltd.), 21 January, 1997 (21.01.97),	1,2,5,8
Y	Full text (Family: none)	3,4,9,10
A	JP 2000-101164 A (NEC Corp.), 07 April, 2000 (07.04.00), Full text (Family: none)	6,7,11,12
Y	JP 2000-101164 A (NEC Corp.), 07 April, 2000 (07.04.00), Full text (Family: none)	3,4,10
A	JP 2000-91665 A (NEC Corp.), 31 March, 2000 (31.03.00), Full text (Family: none)	1-12

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
07 October, 2002 (07.10.02)

Date of mailing of the international search report
22 October, 2002 (22.10.02)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int. Cl' H01L43/08, H01L43/12, G11B5/39, G01R33/09, H01F10/16, H01F10/30, H01F10/32

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int. Cl' H01L43/08, H01L43/12, G11B5/39, G01R33/09, H01F10/16, H01F10/30, H01F10/32

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-2002年

日本国実用新案登録公報 1996-2002年

日本国登録実用新案公報 1994-2002年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

JICST科学技術文献ファイル

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 9-23031 A(アルプス電気株式会社) 1997.01.21, 全文	1, 2, 5, 8
Y	(ファミリーなし)	3, 4, 9, 10
A		6, 7, 11, 12
Y	JP 2000-101164 A(日本電気株式会社) 2000.04.07, 全文 (ファミリーなし)	3, 4, 10
A	JP 2000-91665 A(日本電気株式会社) 2000.03.31, 全文 (ファミリーなし)	1-12

 C欄の続きにも文献が列挙されている。 パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

07. 10. 02

国際調査報告の発送日

22.10.02

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

栗野 正明

4M 9353



電話番号 03-3581-1101 内線 3462